

GUÍA ACUAPÓNICA: PASO a PASO.

CÓMO PONER EN MARCHA y MANTENER UNA INSTALACIÓN ACUAPÓNICA FAMILIAR.

Asociación de Agricultura Ecológica Social y Comunitaria del Polígono Sur de Sevilla-**VERDES del SUR.**



Versión 1ª (29 Julio 2016)[1]

[1] Fotos de portada: en la foto superior, parte de la asociación de VERDES del SUR tras preparar el primer huerto ecológico demostrativo en las futuras parcelas de huertos del parque de Guadaira (Sevilla). Las fotos inferiores muestran algunas instalaciones acuapónicas de Verdes del Sur y el crecimiento de una tilapia en acuaponía, desde alevín hasta adulto en 10-12 meses.

GUÍA ACUAPÓNICA: PASO a PASO.

CÓMO PONER EN MARCHA y MANTENER UNA INSTALACIÓN ACUAPÓNICA FAMILIAR.

Versión 1ª (29 Julio 2016)

Lobillo E. P., Fernández C. V.M, Blanco C. J.M., Ponce N. A., Quevedo R. J., Luque L.C., Selma G.J.M. y López Jaime J.A.

Edita:

Asociación de Agricultura Ecológica Social y Comunitaria del Polígono Sur de Sevilla- VERDES del SUR

Esta guía didáctica se ha realizado gracias a la asociación VERDES del SUR (asociación de Agricultura Ecológica Social y Comunitaria del Polígono Sur de Sevilla), que desde el año 2013 está impulsando el desarrollo de huertos ecológicos y de la acuaponía en el barrio del Polígono Sur de Sevilla, como medios para el auto-abastecimiento familiar de alimentos sanos y de calidad y para dar un paso más hacia la soberanía alimentaria.

La guía está registrada por la asociación VERDES del SUR bajo licencia "Creative Commons" (bienes comunes creativos), del tipo:



CC (Reconocimiento Autoría-No Comercial-Compartir Igual).

Esto quiere decir que:

1. El archivo y su material o contenido podrá ser copiado total o parcialmente, distribuido, etc, siempre que se reconozcan a los/as autores/as y a la asociación VERDES del SUR.

2. No se puede hacer uso comercial del material del archivo.

3. Si se remezclan, transforman o crean nuevas ideas-materiales a partir del material original del archivo, deberán difundirse estas nuevas contribuciones bajo la misma licencia (CC) que el original.

La publicación de esta guía es un compromiso de la asociación VERDES del SUR con la idea del "bien común" y con los mecenas que cofinanciaron su proyecto de producción acuapónica familiar llamado "El milagro de los Peces", mediante micromecenazgo o "crowdfunding" gestionado por la ONG "Goteo". Verdes del Sur no trata sólo de conseguir con este proyecto un beneficio social en el barrio de Sevilla de donde son la mayoría de sus socios/as, también quieren compartir con cualquier persona, sea o no mecenas del proyecto, el conocimiento práctico para poner en marcha una pequeña instalación acuapónica, de modo que el beneficio social se convierta en un bien compartido entre todas las personas interesadas en el fascinante

mundo de la producción acuapónica. Agradecemos tanto a los/as mecenas como a Goteo habernos dado este apoyo inicial para arrancar nuestro proyecto.

Casi todas las guías de producción acuapónica o artículos técnicos o científicos sobre este tema están en inglés; y no sabemos si se han editado ya en español guías prácticas como la que aquí presentamos, además de la guía en la que ha colaborado VERDES del SUR con la cooperativa del Aula del Mar de Málaga para dar a conocer el cultivo de la tilapia en acuaponía. Así que con esta guía más genérica sobre producción acuapónica, queremos contribuir junto a otras personas y colectivos a que se conozca más la acuaponía y a su expansión por el mundo hispano parlante.

Desearíamos que esta primera versión se fuera completando con todos los comentarios, correcciones, creaciones, nuevas ideas y propuestas de todas las personas "enganchadas" como nosotros al apasionante mundo de la producción acuapónica. Es nuestro compromiso para posteriores versiones de esta guía, añadir a todas las personas que quieran formar parte de futuras ediciones o versiones de la misma, incluyendo vuestros nombres si queréis aparecer, y registrando dichas versiones con nuevas licencias "Creative Commons".

Las figuras 7, 10a, 10b y 10c están registradas por la FAO ("Food and Agriculture Organization of the United Nations") y permiten su copia total y parcial para uso divulgativo y docente como el de este manual. Agradecemos a los autores de la publicación de la FAO ("Small-scale aquaponic food production") que figura al final de esta guía en su bibliografía, por su excelente trabajo. Agradecemos igualmente a la FAO por poder usar sus ilustraciones para esta guía.

La figura 11 está registrada por Travis W. Hughey y permite su copia y uso con fines didácticos. Agradecemos también al autor su excelente publicación y poder usar su ilustración para esta guía didáctica. La referencia del manual acuapónico de este autor se detalla igualmente al final de esta guía en la bibliografía.

Las autorías del resto de figuras son de la asociación Verdes del Sur, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA-Universidad de Sevilla), o de algunos de los autores de esta guía, indicándose en cada caso en la leyenda de la foto.

Esta guía no es un tratado de producción acuapónica, tampoco es un manual para técnicos (aunque también puede servirles). Es una guía pensada para personas que no tengan conocimiento alguno de producción acuapónica y que por haber oído del tema o tengan noticias del mismo por diferentes medios, tengan interés y curiosidad en adentrarse en el mundo de la acuaponía. Es por lo tanto una guía práctica para orientar, paso a paso, a todas aquellas personas que quieran montar y poner en marcha por primera vez una pequeña instalación acuapónica a nivel familiar, aunque estamos seguros que también será útil a personas que ya hayan empezado a dar sus primeros pasos en la acuaponía. Hemos intentado no usar demasiados tecnicismos para facilitar su comprensión, aunque evidentemente alguno que otro se nos ha escapado. Espero que disfrutéis de la acuaponía como nosotros lo hacemos también.

Los autores de esta guía:

- Pepe Lobillo Eguíbar (doctor en veterinaria, educador social y master en acuicultura y pesca. Socio de Verdes del Sur, trabaja actualmente en el equipo del Comisionado para el Polígono Sur, dependiendo de la Agencia de Servicios Sociales y Dependencia de la Junta de Andalucía).

- Víctor M. Fernández Cabanás (doctor en Ingeniería Agrícola, colaborador de Verdes del Sur, profesor titular en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla).

- Juan Manuel Blanco Cabrera (dinamizador social y portavoz-presidente del consejo de coordinación de la asociación Verdes del Sur. Y uno de los "Mac-Guivers" de la asociación).

- Alejandro Ponce Nieto (vocal en el consejo de coordinación de la asociación Verdes del Sur y otro de los "Mac-Guivers" del proyecto acuapónico).

- Javier Quevedo Ruiz. (licenciado en biología, Msc en acuicultura y en nutrición humana, consultor internacional en acuicultura y producción acuapónica. Profesor de acuicultura en la Universidad de Temuco (Chile).

- Juan Manuel Selma González (veterinario, acuariófilo, pinero en acuaponía ornamental y empresario del sector agroalimentario).

- Carlos Luque López (maestro de vocación, pionero de la acuaponía familiar en Andalucía, creativo, impulsor de la soberanía alimentaria).

- Juan Antonio López Jaime (licenciado en biología. Experto en recursos naturales acuícolas. Presidente de la Sociedad Cooperativa Andaluza (S.C.A.) "Aula del Mar" de Málaga y presidente del comité español de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

ÍNDICE:

1. Introducción. **Pág. 6.**

2. FUNDAMENTO de un sistema acuapónico. **Pág. 6.**

3. PARA EL DISEÑO Y MONTAJE de nuestra instalación acuapónica. **Pág. 9.**
3.1. Elegir el LUGAR: el agua, la corriente eléctrica y la luz natural. **Pág. 10.**
3.2. Instalación protegida o no protegida de las inclemencias. **Pág. 11.**
3.3. Diseña tu instalación. **Pág. 13.**
3.4. Permisos de la Administración Pública. **Pág. 23.**
3.5. Elegir la especie de pez. **Pág. 24.**
3.6. Elegir las especies de plantas. **Pág. 26.**
3.7. La "RATIO", densidad de peces y tamaño de los biofiltros de bacterias. **Pág. 26.**

4. PUESTA en marcha y FUNCIONAMIENTO. **Pág. 29**
4.1. Primero de todo… i Las BACTERIAS tienen que hacerse con tu instalación !. **Pág. 29.**
4.2. Introduce los peces primero y las plantas después en tu instalación acuapónica. **Pág. 29.**
4.3. Alimenta a tus peces. **Pág. 29.**
4.4. Alimentación de tus plantas. **Pág. 31.**
4.5. El pH del agua de tu instalación acuapónica. **Pág. 31.**
4.6. Medir y controlar la temperatura, el oxígeno y los nitratos en el agua. **Pág. 33.**
4.7. Otras operaciones rutinarias para tu instalación acuapónica. **Pág. 34.**

5. Recomendaciones finales. **Pág. 35.**

6. Resumen: GUÍA ACUAPÓNICA BREVE. **Pág. 36.**

7. BIBIOGRAFÍA. **Pág. 42**

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS a todos/as los/as mecenas que han hecho posible poner en marcha el proyecto del "Milagro de los Peces" a través de la iniciativa de "crowdfunding" o micromecenazgo. Gracias también a Goteo por acompañarnos en la gestión del crowdfunding. Gracias igualmente a los/as mecenas porque con sus aportaciones económicas hemos levantado el "bunkernadero" y el circuito acuapónico que ya está en marcha. Gracias también a los/as mecenas por sus ánimos para continuar con el proyecto, esta guía es el "colofón" final a muchos esfuerzos e ilusiones.

Gracias del mismo modo a otros mecenas y voluntarios/as, como los de "4 Mar", por sus aportaciones, ilusiones y el trabajo conjunto.

Gracias a todos los autores que hemos hecho posible esta guía, por la intensa correspondencia por correo, pensando, creando y debatiendo muchos aspectos de la producción acuapónica que se han reflejado en esta guía.

Gracias a los hijos/as de alguno de los autores por colorear los dibujos de esta guía.

Forma de citar esta guía:

Lobillo E. J., Fernández-Cabanás, V.M, Blanco C, J.M., Ponce N. A., Quevedo R. J., Luque L. C., Selma G J.M. y López Jaime J.A. 2016. Guía acuapónica: paso a paso. Cómo poner en marcha y mantener una instalación acuapónica familiar. Versión 1ª (29 Julio 2016). Ed. Asociación VERDES del SUR. Licencia "Creative Commons". En URL: http://huertosverdesdelsur.blogspot.com.es/p/guias.html

1. Introducción:

Hay muchos tipos de instalaciones acuapónicas con diferentes objetivos, por ejemplo, instalaciones para ocio o hobby, para autoconsumo familiar, para educación, para experimentar, con objetivo comercial, etc.

A continuación vamos a describir de manera muy general una serie de pasos básicos que tenemos que ir dando para montar cualquier instalación acuapónica. Algunos de estos pasos son los mismos para montar sistemas pequeños familiares, o para más grandes y complejos, y lógicamente tendremos que ir adaptando cada paso a las necesidades y objetivos de nuestra instalación.

Lo que sí queremos en esta guía es empezar desde algo muy sencillo, que pueda entender fácilmente cualquier persona que se acerque por primera vez a la acuaponía, por esta razón tomaremos como referencia el diseño y construcción de una instalación acuapónica familiar.

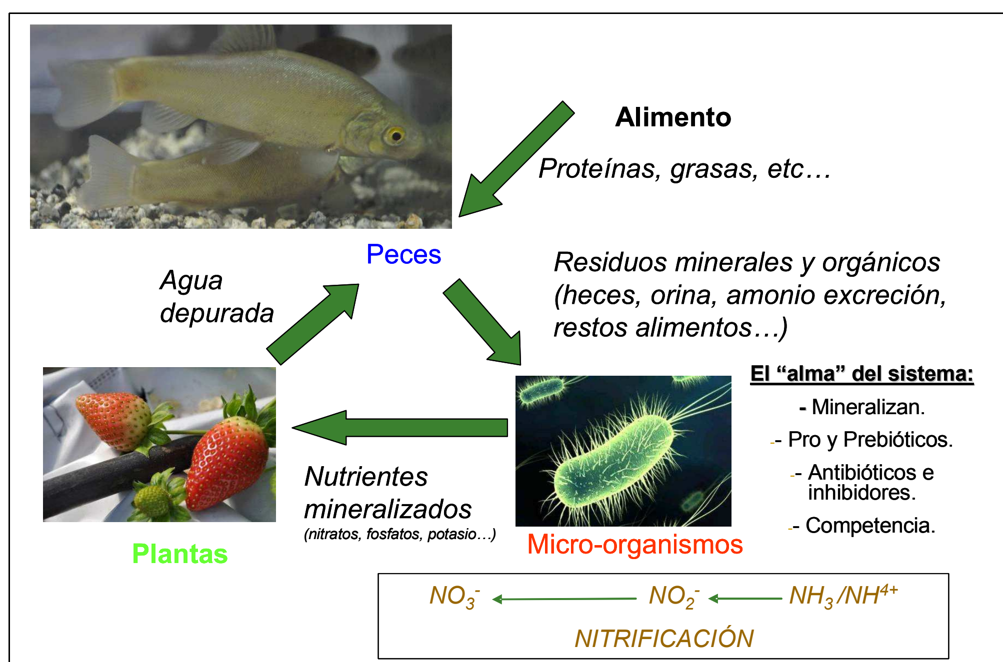
Una vez descritos los pasos básicos para el montaje de nuestra instalación, lo siguiente será ponerla en marcha, para lo cual también describiremos una serie de operaciones básicas para el buen funcionamiento de la misma.

2. FUNDAMENTO de un sistema acuapónico:

La acuaponía o producción acuapónica es el cultivo conjunto de peces, o más en general de organismos acuáticos (**ACUI**cultura), y de plantas sin suelo (hidro**PONÍA**), en un sistema de recirculación de agua.

Para hacer un buen diseño de tu instalación acuapónica tienes que conocer antes cómo funciona un sistema acuapónico, su **FUNDAMENTO**.

Figura 1. Fundamento básico de un sistema acuapónico.



Tras alimentarse, los peces liberan al agua sus desechos y materia orgánica (orina, heces, amoníaco por branquias, etc.) que son transformados en sales minerales por millones de bacterias y otros microorganismos beneficiosos. Estas sales minerales son NUTRIENTES, "comida" para las plantas, que son absorbidos por sus raíces, eliminándolas por lo tanto del agua, que vuelve limpia a los peces para volver a iniciar este ciclo.

La acuaponía reproduce el CICLO del NITRÓGENO en la naturaleza, o más en general, de la MINERALIZACION de la materia orgánica, lo que permite depurar y mantener en equilibrio el agua de los ríos, arroyos y mares, y en general de los cuerpos de agua de todo el planeta. La ACUAPONIA reproduce este ciclo natural en condiciones controladas, produciendo además ALIMENTOS, en forma de peces y plantas.

Las bacterias realizan muchas reacciones químicas para descomponer los desechos procedentes de los peces y de los restos de su alimento, pero una de las más importantes es la que os hemos puesto abajo en la figura 1, la NITRIFICACIÓN. Esta reacción es tan importante porque el amoniaco (NH_3/NH_4^+) que liberan los peces en su orina o por las branquias, es muy tóxico para los propios peces y hay que eliminarlo cuanto antes. Esto lo consiguen un tipo de bacterias, que lo transforman rápidamente a nitrito (NO_2^-). Pero el nitrito también es muy tóxico, así que otro tipo de bacterias lo transforman a nitrato (NO_3^-), que ya no es tóxico a las dosis que normalmente encontramos en el agua.

Este "invento" de la acuaponía no es nuevo, ya lo hacían los asiáticos en sus arrozales hace miles de años y los aztecas lo perfeccionaron en sus "chinampas" del valle central de México hace siglos. Hace 30 años se modernizó este "invento" para hacerlo más productivo, sin alterar el mecanismo básico y natural que emplea la naturaleza para depurar el agua.

Aunque la acuaponía está muy poco desarrollada en Andalucía y en general en España o en Europa, presenta claros beneficios añadidos frente a la acuicultura, a la horticultura en suelo, o a la hidroponía, cuando éstas se realizan por separado, como son:

- **Un menor o nulo impacto medioambiental** de los efluentes de los sistemas acuapónicos. Los efluentes son el agua que de vez en cuando hay que retirar de las instalaciones acuapónicas. Son los llamados "cambios de agua", es decir, saco y elimino por el desagüe un volumen de agua de la instalación acuapónica, y meto el mismo volumen de agua nueva. Estos cambios se hacen para reducir los niveles de algunas sustancias químicas disueltas en el agua, como los nitratos o los fosfatos.

  Como en una instalación acuapónica las plantas absorben para crecer gran parte de los nitratos, fosfatos y otras sustancias disueltas en el agua, el resultado es que los vertidos de aguas de las instalaciones acuapónicas prácticamente no tienen impacto negativo sobre el medio ambiente.

- **Un claro ahorro en el consumo de agua**, ya que por un lado, se emplea menos agua para producir 1 kilo de hortalizas acuapónicas, que 1 kilo en cultivo tradicional en suelo, e incluso en hidroponía. Y por otro lado como te hemos contado antes, al absorber las plantas gran parte de los nutrientes contenidos en el agua, los cambios o renovaciones de agua en un circuito acuapónico son mucho menores que los empleadas para los sistemas de acuicultura sólo con peces.

  Incluso en algunos sistemas acuapónicos apenas se hacen cambios de agua, realizando los primeros tras ¡¡ 2-3 años !! de haber puesto en marcha la instalación. Esto ocurre cuando el número de plantas es tan alto en relación al número de peces, que absorben prácticamente todos los nitratos y otras sustancias disueltas en el agua.



- **La obtención de dos fuentes de ingresos**, plantas y peces, que comparten infraestructuras y costes.

- **Niveles productivos similares o superiores** a la horticultura en hidroponía o en suelo, o a la acuicultura por separado.

- **La obtención de productos más saludables**, ya que en los sistemas acuapónicos no pueden aplicarse tratamientos químicos convencionales frente a enfermedades que pudieran aparecer, ya que la mayoría de los productos químicos de síntesis que combaten las plagas de las plantas, perjudican seriamente a los peces, y viceversa; y ambos son letales para la población de bacterias nitrificantes y otros microorganismos que sostienen todo el sistema acuapónico.

Por otra parte, hay otras debilidades y aspectos o características de los sistemas acuapónicos en los que hay que poner especial atención, como son:

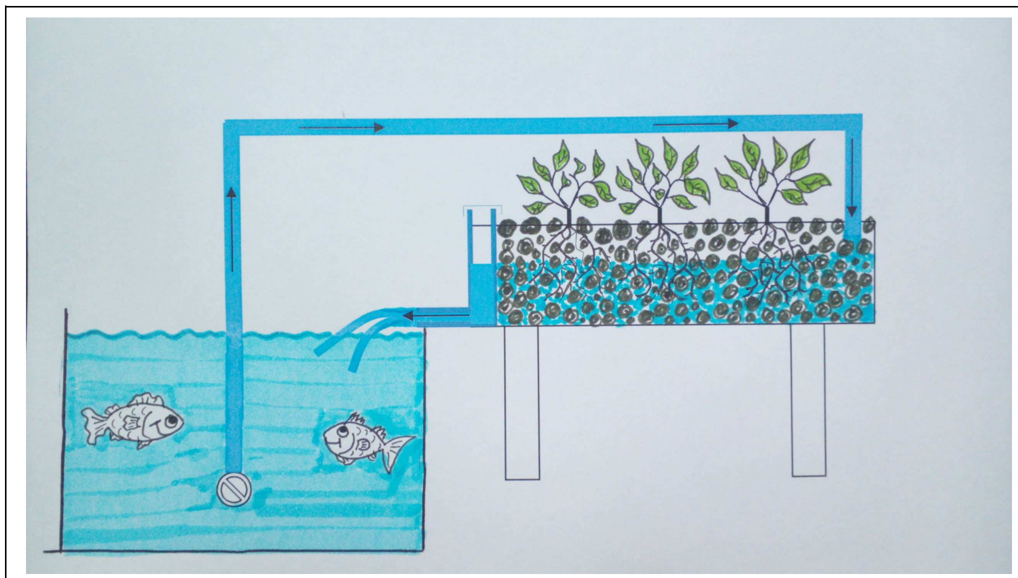
- Los **cortes del suministro eléctrico** pueden poner en riesgo todo el sistema acuapónico al detenerse la recirculación del agua que lleva los nutrientes y el oxígeno.
- **La complejidad inicial de manejar simultáneamente 3 seres vivos** (peces, plantas y bacterias) en la instalación acuapónica, hasta conseguir un equilibrio que permita que los tres se mantengan en su óptimo bienestar y al mismo tiempo obtengamos producciones para consumo (peces y plantas). Hay que **aprender a observar** cómo viven los 3 seres vivos en nuestra instalación
- Lo anterior implica también **aprender a medir y regular algunos parámetros del agua** como el oxígeno, el pH, los nitratos o la temperatura, así como **aspectos básicos de filtración** del agua para su depuración. Esto **requiere invertir tiempo en una formación** inicial o en un aprendizaje autodidacta.
- **Los costes energéticos**. Hay que valorar bien estos costes en el diseño de la instalación, para reducirlos al mínimo.
- Por ahora tenemos en España **pocas especies de peces** para usar en los sistemas acuapónicos.

El balance entre las ventajas y debilidades de los sistemas acuapónicos permite la obtención de hortalizas y peces muy saludables y de alta calidad, que en muchos países son certificados ya como producción SOSTENIBLE y ECOLÓGICA. Dada también la contaminación de muchas zonas de nuestro planeta y lo difícil que sigue resultando en la mayoría de los casos conocer el origen de los alimentos que compramos y nos comemos, los sistemas acuapónicos así como la agricultura ecológica y muchos otros sistemas más sostenibles para el autoabastecimiento de alimentos a nivel familiar, se están convirtiendo también en un medio con gran potencial para contribuir a la SOBERANÍA ALIMENTARIA.

¿ Cómo sería una instalación acuapónica básica ?.

En el siguiente dibujo (figura 2) puedes ver una instalación acuapónica, cuyo funcionamiento se basa precisamente en lo que te hemos contado anteriormente.

Figura 2. Ejemplo de un diseño básico de una instalación acuapónica.



En una instalación acuapónica los peces se mantienen en un tanque donde son alimentados. El agua de este tanque, cargada de sus desechos y de materia orgánica, se conduce por una bomba hasta unas bandejas donde hay plantas que están creciendo con sus raíces metidas directamente dentro de diferentes substratos (arcilla expandida, grava, ladrillos partidos, grava volcánica, etc.) por donde se va filtrando el agua. En estos substratos anidan millones de bacterias beneficiosas que transforman la materia orgánica y desechos que lleva el agua en sales minerales (NUTRIENTES), que son las que absorben directamente las plantas para crecer. Las plantas absorben las sales minerales, y el agua vuelve limpia por un desagüe al tanque donde están los peces, iniciando de nuevo su recirculación. Este es un ejemplo de una instalación acuapónica que usa el sistema de sustrato o cama de siembra. Más adelante te hablaremos también de los otros dos, el de raíz flotante y el NFT.

La primera clave en el diseño de una instalación acuapónica es buscar dentro de tu instalación **un LUGAR para los PECES**, **un LUGAR para las PLANTAS** **y** **un LUGAR para las BACTERIAS…** Y una bomba de agua recirculando el agua entre estos 3 lugares.

Y la segunda clave es encontrar las **PROPORCIONES ÓPTIMAS** entre el número de peces, de plantas y de bacterias, de modo que estén en un equilibrio sano y productivo para los tres. De esta proporción o **"Ratio",** te hablaremos con más detalle en el apartado 3.7.

3. PARA EL DISEÑO Y MONTAJE DE NUESTRA INSTALACIÓN:

Montar un sistema acuapónico a nivel familiar es algo muy sencillo. Te recomendamos que empieces por una instalación pequeña con pocos peces, para que aprendas el manejo básico de la acuaponía, y ya después si te gusta puedes ampliarla y lanzarte a producir más peces y más plantas.

Si alguna vez has tenido un acuario en tu casa te resultará aún más fácil empezar a hacer acuaponía, ya que muchas de las operaciones necesarias para mantener los peces vivos y saludables en un acuario, son las mismas que para la acuaponía, como por ejemplo: la instalación y mantenimiento de los filtros biológicos de bacterias, los controles de temperatura, oxígeno y nitratos, o los cambios periódicos de agua.

Estos son los pasos que te proponemos para empezar con un sistema acuapónico:

3.1. ELEGIR el LUGAR: el agua, la corriente eléctrica y la luz natural.

Elige bien el lugar para tu instalación acuapónica, que puede ser un **patio, un balcón, una azotea, una nave, una parcela sobre tierra,** etc. En caso de localizar tu instalación sobre azoteas o balcones, infórmate antes si tu municipio o comunidad de vecinos/as lo autoriza, así como la carga máxima que puede soportar la superficie (techos de azotea, etc.) donde apoyen los depósitos ya cargados con el agua.

El lugar que elijas tiene que tener una **toma de corriente eléctrica cercana**, **una toma de agua** y un **desagüe.**

Como **una instalación eléctrica para acuaponía** incorpora aparatos eléctricos dentro del agua (como las bombas sumergibles) o con posibles contactos con ésta, ten en cuenta los sistemas básicos de seguridad en tu cuadro de luz, como los diferenciales y los magnetotérmicos. Es muy importante que tu instalación eléctrica cumpla los mínimos en materia de seguridad para estar protegidos frente a eventuales derivaciones o sobretensiones eléctricas.

El agua para tu instalación acuapónica tiene que tener una mínima calidad. El agua de lluvia es una excelente elección, tiene pH[2] neutro y casi sin sales disueltas (o quizás algunas en función de los materiales que arrastre hasta el punto donde la recojas). Las aguas de pozos o para la agricultura también pueden ser de muy buena calidad, lo que puedes consultar previamente en análisis de aguas disponibles en tu municipio.

Según la zona donde estés, las aguas de pozo o para uso agrícola pueden presentar mayor o menor "dureza" (contenido en sales, principalmente de calcio y magnesio). Las aguas "duras" como las que tenemos en gran parte del sur de España, tienen la ventaja de aportar calcio y magnesio extra a tus plantas del circuito acuapónico; y el ligero inconveniente para que tus plantas crezcan bien, de tener un pH elevado, normalmente por encima de 8 (aunque las bacterias de tu sistema acuapónico ya se encargarán de ir bajando el pH. Ya hablaremos de este tema más adelante en el apartado 4.5.).

El empleo de agua potable de la red para consumo humano puede estar prohibido o restringido según el municipio o comunidad autónoma donde vivas, y en cualquier caso no es una solución sostenible medioambientalmente para su uso en acuaponía. En caso de que tengas que usarla de manera extraordinaria o por urgencia, asegúrate de tenerla en agitación con una pequeña bomba sumergible al menos 48 horas antes de introducirla en tu instalación acuapónica, para eliminar su contenido en cloro, ya que el cloro y sus derivados eliminan de "un plumazo" todas las bacterias y microorganismos de tu circuito acuapónico. Y ya sabes que si eliminas las bacterias, que son "el alma" de tu sistema acuapónico, tus peces y plantas no podrán sobrevivir.

---

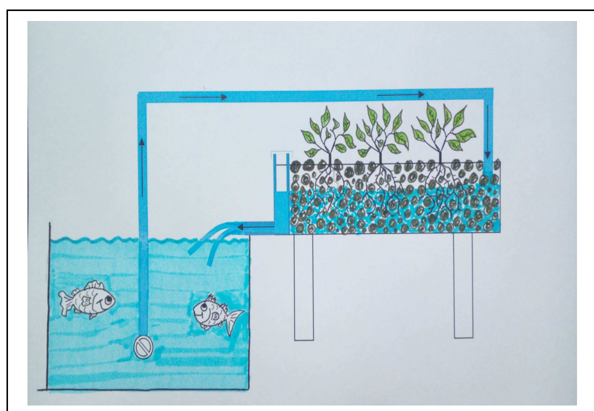
[2] El pH te dice si el agua de tu instalación acuapónica es ácida o básica, en una escala entre 0 y 14. Las aguas ácidas tienen ph por debajo de 7 y las que no son ácidas (aguas básicas) tienen pH por encima de 7. Un agua alrededor de 7 se dice que tiene pH neutro. Los test de pH son muy sencillos de usar y se venden muy baratos en muchas tiendas relacionadas con el mantenimiento de piscinas o de acuarios.

Si estás montando tu instalación acuapónica sobre tierra y tienes un huerto al lado, mucho mejor, porque el agua que de vez en cuando tendrás que cambiar de tu circuito acuapónico, en lugar de echarla por el desagüe, es un excelente fertilizante natural para tu huerto.

Sol, luz natural. Las plantas que pongas en tu sistema acuapónico, si son para consumo humano y del tipo que tenemos en las huertas de Andalucía, necesitan la mayoría luz solar directa, mientras que los peces y las bacterias es mejor que reciban poca luz, así que tienes que pensar bien como colocar u orientar cada zona, o como proteger unas de la luz y exponer más otras.

Por ejemplo, puedes poner las plantas sobre una bandeja encima del tanque donde estén los peces y a su vez este tanque forrarlo con malla de sombra, papel reflectante o cualquier otro material que impida el paso de la luz (figura 3).

Figura 3. Instalación acuapónica familiar hecha con depósitos tipo IBC o GRG. Los peces abajo y las plantas arriba. Dentro de los substratos donde meten sus raíces las plantas, se encuentran las bacterias protegidas de la luz.





3.2. Instalación protegida o no protegida de las inclemencias.

La acuaponía moderna se ha desarrollado principalmente en zonas tropicales, donde tienen una temperatura ambiental media-alta y estable, con promedios diarios alrededor de los 25ºC. Sin embargo en España las oscilaciones de temperatura son más extremas, con valores en invierno próximos a los cero grados o por debajo, y en verano por encima de 30ºC y en algunas zonas como Sevilla alrededor de 40ºC durante días o semanas.

A estas mayores oscilaciones de temperatura también hay que sumar los vientos y lluvias, con lo cuál es aconsejable que protejamos nuestra instalación acuapónica dentro de algún lugar para intentar crear unas condiciones algo más estables para nuestros peces, plantas y bacterias.

Una de las soluciones la tenéis en la figura anterior nº 3, que es poner vuestra instalación dentro de un patio que a su vez esté techado, en nuestro caso con algunas láminas de fibra de vidrio para que les dé a las plantas la luz solar. Otra solución puede ser dentro de una casetilla o cuartillo, un cobertizo, una pequeña jaima o pérgola con lona impermeable, etc… Otras soluciones pasan por meter el depósito con los peces en una habitación, garaje, cuartillo, etc., con alguna pared que dé al exterior con luz directa. Entonces se le hacen dos agujeros al muro, uno para meter un tubo de salida del agua y otro para el tubo de vuelta. Con esta

solución, las plantas están fuera del muro recibiendo la luz solar directa, y los peces al otro lado del muro, más protegidos de la intemperie y con mucha menos luz.

Otra solución es meter tu instalación dentro de un pequeño invernadero. En el clima de Sevilla, que es donde tenemos la instalación del "Milagro de los Peces" (figura nº 4), hemos diseñado el invernadero para que pueda tener un buen cierre hermético durante los 4-5 meses del año con noches más frías (el mínimo en invierno de 2016 fue entre 3-6ºC sólo algunos días); y después en verano para que le podamos quitar el plástico dejando el armazón y poniendo malla de sombra sobre la estructura (es decir, un invernadero más hermético en invierno, que después en los veranos muy calurosos funcione como umbráculo, sólo con malla de sombra y sin el plástico). Nuestro invernadero es de 5 x 9 metros y nos lo hicimos nosotros mismos. Como en la zona que vivimos es probable el vandalismo, lo hemos tenido que hacer más fuerte soldando todas las piezas de metal unas a otras para dificultar los robos, por eso lo hemos bautizado "El Bunkernadero". Hay muchas formas de hacer tú mismo un invernadero que puedes ver en abundantes tutoriales en YouTube, y también hay emprresas especializadas que te venden pequeños invernaderos ya todo preparado para realizar tú mismo el montaje de las piezas. Tienes muchas opciones según la zona donde vivas.

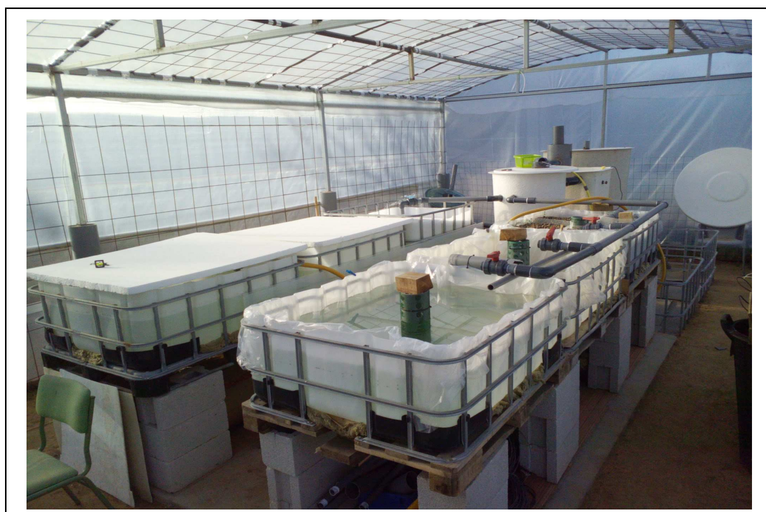


Figura 4. Instalación acuapónica del "Milagro de los Peces" bajo un invernadero de 5 x 9 metros; y 2,5 m de altura en el punto más alto.

Por último, la solución más sencilla es dejar tu instalación acuapónica a la intemperie, como la que tenéis en la figura nº 5, al lado de una piscina en una casa de campo en Granada. A la izquierda de la imagen está el tanque con los peces y a la derecha más arriba, 4 bandejas con plantas. Sólo tenéis que tener la precaución que ya os dijimos: ¡ MUCHO CUIDADO ! con los enchufes o empalmes eléctricos, que SIEMPRE estén protegidos en sus cajas estancas para evitar que les entre agua cuando llueva. Otras opciones son cubrir con láminas de plástico las plantas y peces cuando llueva fuerte.

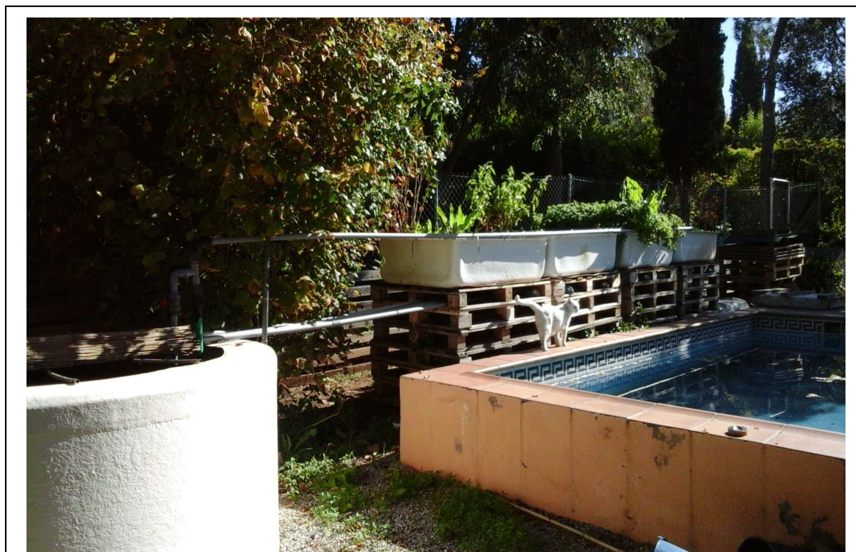


Figura 5. Instalación acuapónica familiar a la intemperie en una casa de campo en Granada. Autor: Carlos Luque.

3.3. Diseña tu instalación.

Instalaciones acuapónicas familiares las hay ya de muchos tipos y podríamos dedicar muchas páginas a describir todas las variantes que hay o a describir paso a paso cómo se diseñan y montan. Sería entonces interminable este manual y no acabaríamos nunca, así que os vamos a describir lo básico del tipo de instalaciones y después os vamos a poner varios enlaces de internet con 3 de los diseños más populares y empleados a nivel mundial.

Lo primero y lo más importante es lo que ya te contamos antes, tienes que pensar que en tu instalación tienen que existir tres lugares o espacios para los tres tipos de organismos vivos que van a vivir en ella:

Un lugar para los peces

Un lugar para las plantas

Un lugar para las bacterias.

Estos 3 lugares pueden ser estar separados, por ejemplo cada uno en un depósito o bandeja independiente; pero también pueden estar pareados, por ejemplo, peces por un lado y plantas y bacterias juntas por otro; o incluso los sistemas más antiguos, donde peces, plantas y bacterias comparten el mismo espacio (por ejemplo, en un estanque metéis peces y plantas flotantes sobre corchos blancos). En las figuras que vamos a ver más adelante, vais a ver varias fotos con estas situaciones.

Lo segundo e igualmente importante, es que tiene que haber una proporción, relación o equilibrio óptimo entre el número de peces, de plantas y de bacterias para que tus tres organismos vivos se encuentren a gusto y tu instalación se mantenga productiva. De esta proporción óptima, que se cita frecuentemente en el mundo acuapónico angloparlante como "RATIO", hablaremos más adelante (punto 3.7.) y te daremos datos muy prácticos y sencillos. Ahora pasemos a los ejemplos de instalaciones acuapónicas familiares sencillas:

Sistema australiano con depósitos de 1.000 litros tipo IBC o GRG.

Este sistema es uno de los más populares y usados a nivel mundial por su sencillez y por ser muy práctico. Lo desarrollaron en Australia y se ha extendido por medio mundo gracias al foro de "Backyard aquaponics", transformando e innovando sobre sus diseños originales a una velocidad de vértigo a través de Internet y las redes sociales. Para el/la que sepa inglés, no hay mejor manera de empaparse y aprender rápidamente de producción acuapónica que inscribiéndose gratuitamente en el foro de "Backyard aquaponics" (http://www.backyardaquaponics.com/forum/). Hay cientos y cientos de personas repartidas por el foro con extensas y variadas temáticas que están encantadas de ayudarte y debatir con otros sobre las cuestiones que les plantees.

Este sistema, que emplea depósitos IBC o GRG es muy sencillo (figura nº 6, en la próxima página). Estos depósitos son cúbicos, de aproximadamente 1 metro anchura, 1,20 metros longitud y 1 metro de altura. Se pueden conseguir en cualquier parte del planeta, ya sea nuevos, o seminuevos o usados. Una vez lavados, se cortan con su armazón de metal, dejando una parte más alta (donde irán los peces) y otra más baja (mínimo 23 cm, máximo 35 cm) que se utilizará para la bandeja de las plantas. Esta bandeja se coloca encima del depósito para los peces y en una zona de su base se le hace un agujero y se le coloca un pasamuros con su tubo de desagüe. Algunos desagües utilizan el famoso "autosifón" o sifón de campana

("bell syphon"), que permite que de forma automática y sin energía eléctrica, se llene y vacíe de agua esta bandeja donde están las plantas.

Figura nº 6. Utilización de un depósito tipo IBC o GRG para fabricarte una unidad acuapónica

Depósito IBC de 1.000 litros sin cortar



Cortar por la parte de arriba un cuarto del depósito IBC (incluyendo la "jaula" de metal y el propio depósito de polietileno). A la parte cortada se le da la vuelta y se coloca apoyada sobre la otra sección que quedará abajo.

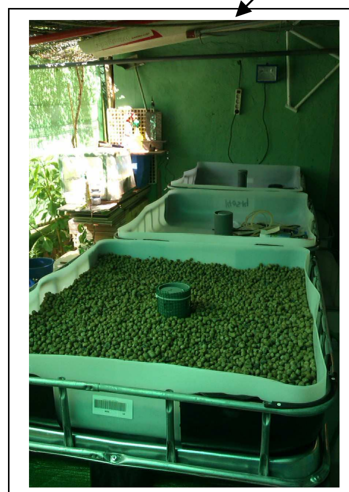
Depósito IBC cortado.



3 depósitos IBC cortados, con su desagüe tipo auto-sifón.



Llenado con arlita lavada de los 3 depósitos IBC.



Los 3 depósitos IBC llenos con arlita y con las bombas conectadas recirculando el agua entre el lugar para los peces (abajo) y para las plantas (arriba).



Acuaponía en marcha con las plantas arriba sobre las bandejas y los peces abajo.



Se llena de agua el depósito de abajo donde irán los peces, se coloca la bomba sumergible en este depósito, que bombeará el agua hacia la bandeja de las plantas que está encima. A su vez esta bandeja se llena de un soporte o substrato para las plantas, por ejemplo ARLITA lavada (también llamada arcilla expandida o "Leca"). En este modelo de acuaponía empleando IBCs las plantas y bacterias viven y crecen compartiendo el mismo espacio, en este caso en la bandeja llena de arlita. Finalmente el agua vuelve hacia el depósito de los peces por gravedad por el tubo de desagüe y la bomba vuelve a iniciar la recirculación del agua. En un solo IBC, VERDES del SUR hemos llegado a producir 7 kilos de pescado y 50 de verduras variadas en 1 año.

Este sistema lo podéis consultar con todo lujo de detalles en el manual de difusión libre por Internet, llamado "The IBC of aquaponics". En este enlace lo tenéis: http://www.backyardaquaponics.com/Travis/IBCofAquaponics1.pdf En este manual se incluyen múltiples fotos, enlaces al foro y visualizaciones en 3D, más una treintena de modificaciones del diseño original que os hemos contado.

Sistema de la FAO ("Food Agriculture Organization": organización mundial para la agricultura y la alimentación):

El diseño de la FAO que veis en la figura nº 7 también se hace con depósitos de 1.000 litros tipo IBC o GRG. En el depósito de la izquierda estarían los peces, después veis a la derecha 3 bandejas llenas de arlita para las plantas y finalmente un depósito colector en la parte más baja donde desaguan las 3 bandejas. La instalación tendría en total unos 1.800-2.000 litros de agua recirculando, con una producción estimada anual de 20 kilos de pescado y 150 Kg de hortalizas variadas de temporada, en una superficie de aproximadamente 6 m2 (5 metros de longitud, por 1,20 m de anchura y 1,20 m de altura en el depósito más alto… y lo que crezcan las plantas hacia arriba, claro está).

Figura 7. Se muestra unos de los diseño de unidad acuapónica familiar propuestos por la FAO

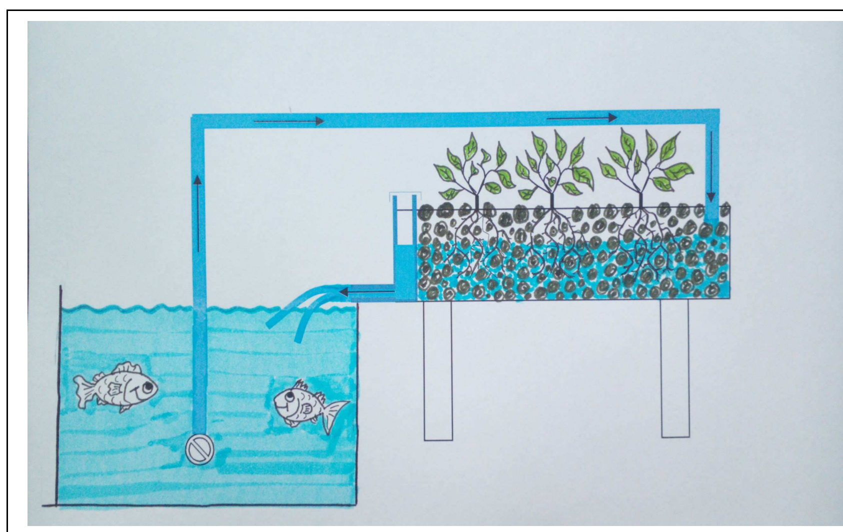


Todos los detalles de construcción de este sistema de la FAO, con la lista detallada de sus materiales y el paso a paso de su montaje, lo tenéis descrito en el siguiente enlace (http://www.fao.org/3/a-i4021e/index.html), donde os podéis bajar de forma gratuita el libro entero de la FAO sobre producción acuapónica familiar, que es uno de los documentos más completos escritos sobre acuaponía, podríamos decir que es como una de las "biblias" de la producción acuapónica. Esperemos que algún día alguien lo traduzca al español.

La instalación de la figura 7 es una de las que propone la FAO en su libro, donde se recogen otros diseños en función del tipo de sistema hidropónico que queráis incorporar en vuestra instalación acuapónica. Sabéis que en un cultivo hidropónico las plantas crecen SIN SUELO, con sus raíces directamente en el agua donde están disueltos los nutrientes que necesitan para crecer. En un cultivo hidropónico puro, se disuelven en el agua las sustancias químicas (nitratos, fosfatos, potasio, hierro, etc., hasta 16 nutrientes) que necesitan las plantas, mientras que en un cultivo acuapónico, la "sopa" de nutrientes que necesitan las plantas la

producen las bacterias transformando la materia orgánica que liberan los peces a través de sus desechos o del resto de sus alimentos.

Pues según el tipo de sistema hidropónico que metáis en vuestra instalación acuapónica, tendréis un tipo de diseño de instalación u otro. En las figuras 8a, 8b y 8c, os describimos los 3 tipos básicos de sistemas hidropónicos en los que las plantas pueden crecer SIN SUELO:



Figua 8a. Hidroponía en substratos o camas de siembra ("grow bed"). Las plantas crecen en bandejas donde hay materiales muy porosos (substratos) como la arlita, piedra volcánica, chinos de río, bio-bolas, etc., donde crecen a trillones las bacterias

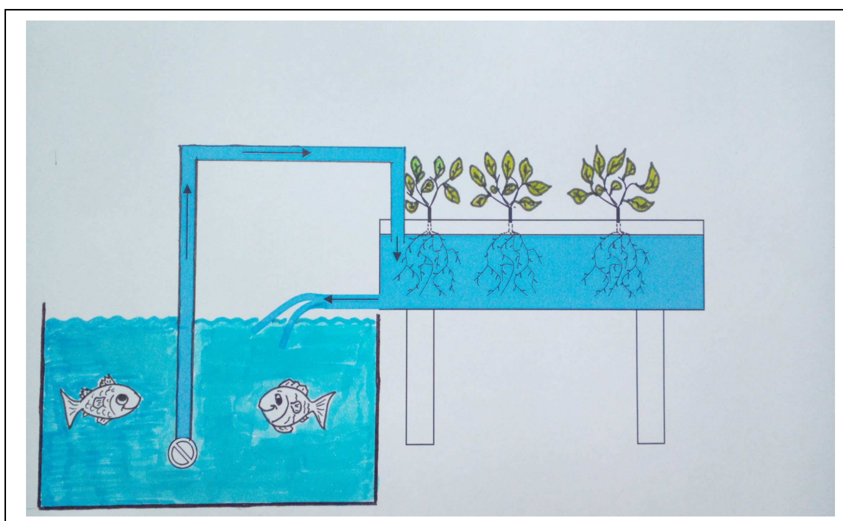


Figura 8b. Hidroponía en cama flotante o raíz flotante ("Raft system" o "Deep water culture"). Aquí las plantas flotan sobre corchos blancos y crecen con sus raíces sumergidas directamente en el agua.

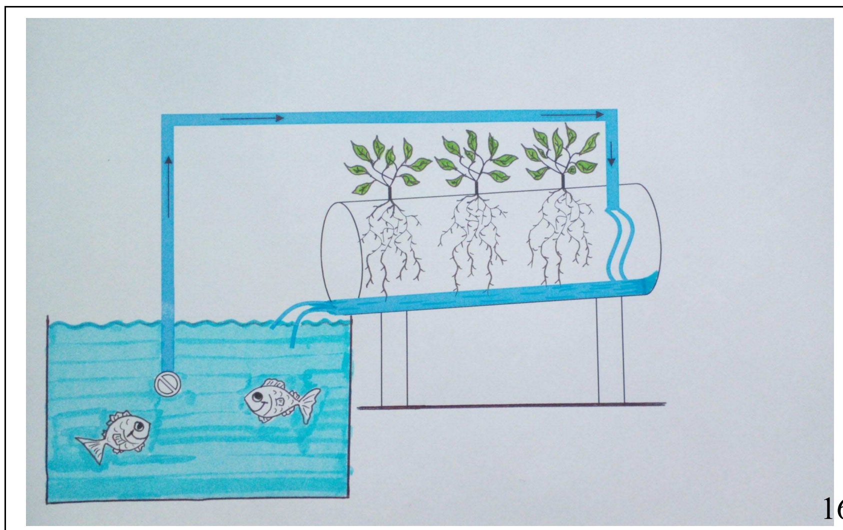


Figura 8c. Hidroponía en película de nutrientes ("NFT": Nutrient Film Technique). Las plantas se ponen sobre agujeros hechos en tubos de PVC y sus raíces se estiran hacia abajo buscando los nutrientes que pasan mezclados con el agua en una fina película o lámina.

Os enseñamos a continuación un "popurrí" de fotos con los 3 sistemas hidropónicos intercalados en diferentes instalaciones acuapónicas que hemos puesto en marcha entre la ETSIA-Universidad de Sevilla y nuestra asociación Verdes del Sur

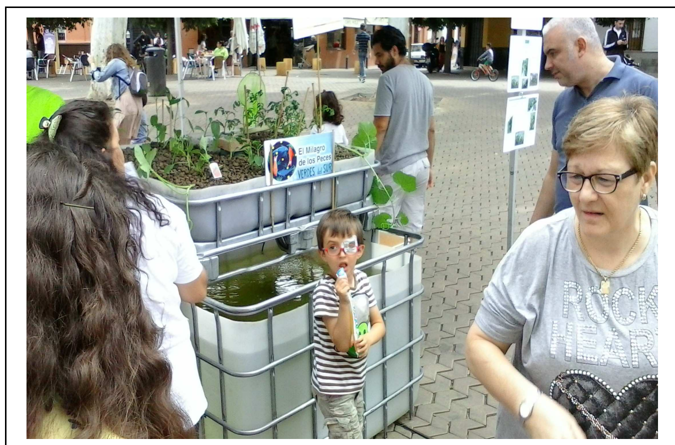
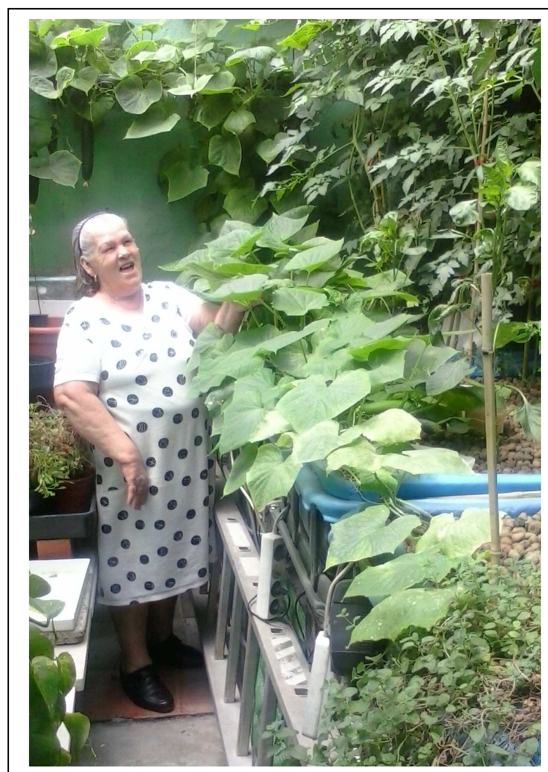


Figura 9ª: Sistema de sustrato o camas de siembra con arlita en depósito IBC. Muestra sobre acuaponía en el mercadillo ecológico de la Alameda de Hércules, Sevilla. Julio 2015.



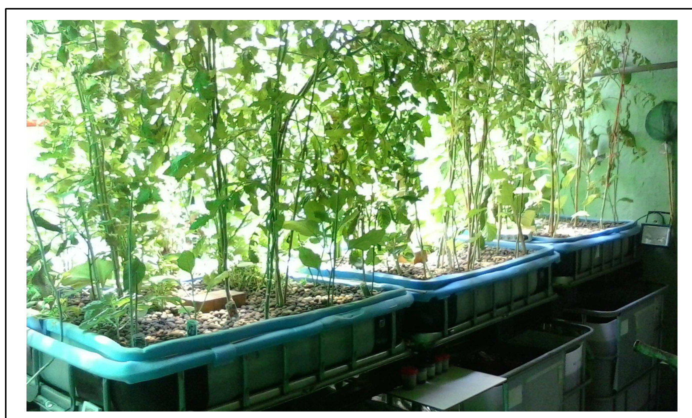




Figura 9b, 9c, 9d y 9e: crecimiento de hortalizas de otoño-invierno (brócolis, fresas, acelgas, coles, etc…) y de primavera-verano (tomates, pimientos, pepinos, etc…) en una instalación acuapónica con 3 depósitos IBC en el patio de una vivienda de Soledad Nieto, socia de VERDES del SUR, en el Polígono Sur de Sevilla entre 2013 y 2015. En sistema de sustrato o camas de siembra con arlita y depósitos IBC, utilizando tilapias como peces.

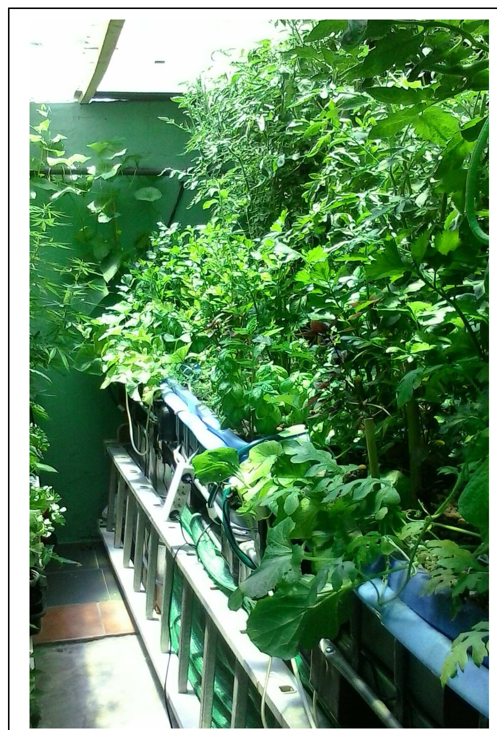






Figura 9f, 9g y 9h: Acuaponía en sistemas de NFT. Monocultivos de tomates, lechugas y fresas, con tencas como peces, realizados en Sevilla entre 2011 y 2013 en invernadero de la Escuela de Agronomía (ETSIA) de la Universidad de Sevilla.







Figura 9i y 9i: Acuaponía en sistema de cama o raíz flotante. Monocultivo de albahaca con tencas, realizados en Sevilla entre 2013 a cielo abierto, en la Escuela de Agronomía ETSIA) de la Universidad de Sevilla.



Figuras 9K, 9l y 9m: Tilapias adultas a la izquierda, ejemplar de juvenil abajo; y tilapias en acuaponía con berenjenas abajo a la izquierda. Autor: Juan Antonio López Jaime, SCA Aula del Mar, Málaga.









Figuras 9n, 9ñ y 9o a la izquierda arriba, crecimiento de tilapias a 27ºC: desde alevín con 1 gramo (en la red verde de la derecha de la imagen) a adulto entre 300-500 gramos en 10-12 meses. A la derecha abajo, juveniles de tencas; y a la derecha arriba, pesando tencas para recalcular las raciones de alimento para peces.





<u>Figuras 9p, 9q, 9r y 9s:</u> a la izquierda carpines dorados ("gold fish" o cometas rojos) en un depósito IBC. El resto de fotos muestran lechugas en sistema NFT y raíz flotante; y calabacines en NFT. Instalaciones acuapónicas en la Escuela de Agronomía de Sevilla (ETSIA) con fines educativos, basadas en los sistemas de la FAO.







Y ahora podéis ver en las figuras 10a, 10b y 10c otra vez los 3 tipos de hidroponía aplicados a 3 diseños acuapónicos de la FAO:

Figura 10a. Instalación acuapónica con plantas en hidroponía de sustratos o cama de siembra ("grow bed"). En este caso los peces ocupan un lugar independiente y las plantas y bacterias comparten el mismo lugar en las bandejas de sustratos con arlita.

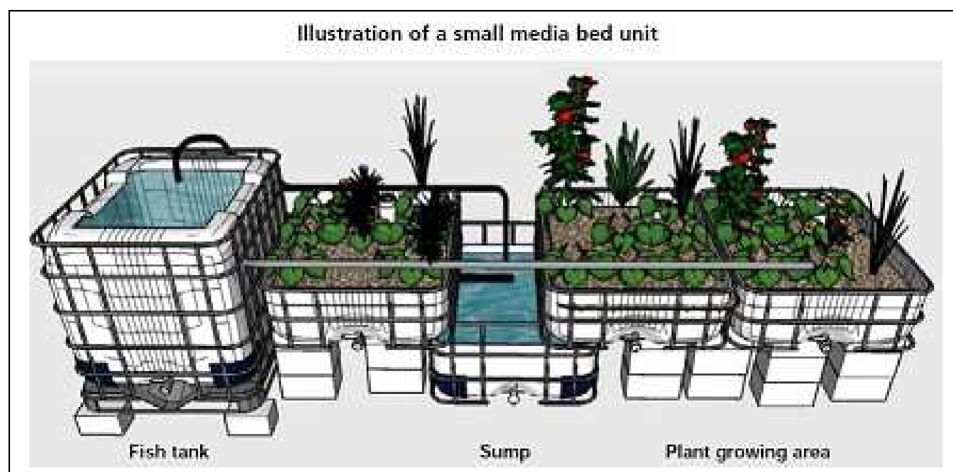


Figura 10b. Instalación acuapónica con plantas en hidroponía en cama flotante o raíz flotante ("Raft system" o "Deep water culture"). En la tercera bandeja de la derecha ya hay sembradas plantas, en las dos de la izquierda podéis ver que hay que agujerear los corchos y colocar en los agujeros cestillas o vasos perforados que sirvan de soportes a las plantas. En este caso peces, plantas y bacterias están separados. Los dos barriles azules son de polietileno de 200 litros cada uno. El primero es un filtro mecánico para sedimentar las partículas más sólidas (heces de los peces, restos de alimentos, etc…) y el segundo es un biofiltro con biobolas, arlita, etc., para que crezcan las bacterias por millones.

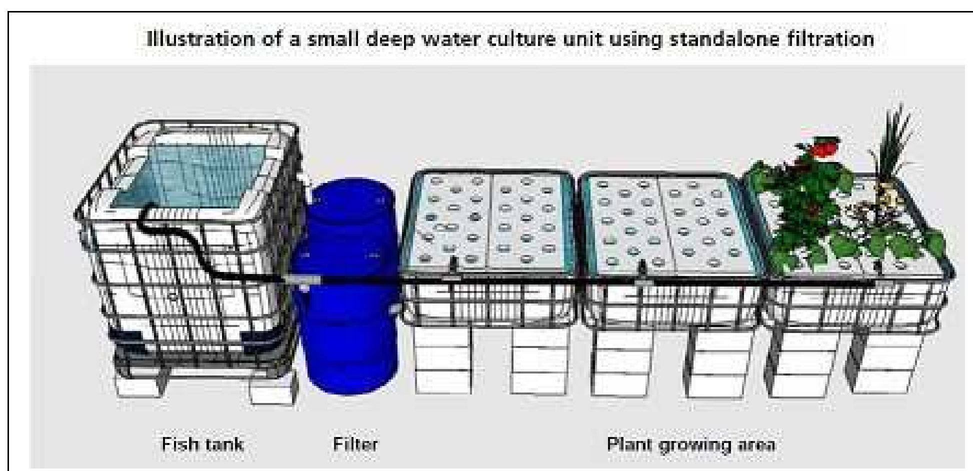
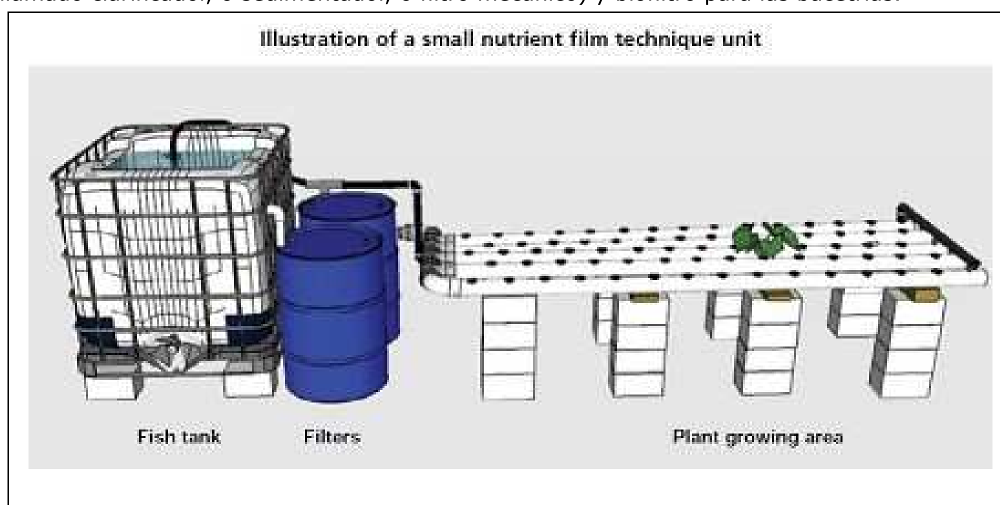


Figura 10c. Instalación acuapónica con plantas en película de nutrientes ("NFT": Nutrient Film Technique). En este sistema también crecen peces, plantas y bacterias en lugares separados, e igualmente hay separador de sólidos (también llamado clarificador, o sedimentador, o filtro mecánico) y biofiltro para las bacetrias.



Normalmente las instalaciones en raíz flotante (figura 10b) y en NFT (10c) requieren biofiltros independientes. Esto es así porque no hay suficiente superficie en estas instalaciones para que proliferen las bacterias por millones, cosa que sí ocurre en los sistemas en cama de siembra o de sustratos (figura 10a) porque la arlita, la grava volcánica o las biobolas tienen una alta superficie en relación a su volumen. Por ejemplo, para la arlita esta relación puede ser de 300 m2 por cada m3 de arlita, o para algunas biobolas hasta de 1.000 m2 por cada m3. La ventaja de la arlita frente a las biobolas es que es muy barata.

En los sistemas en cama de siembra la arlita tiene 4 funciones: servir de soporte a las plantas, hacer de biofiltro y también de filtro mecánico (retiene las partículas sólidas) y actuar como reservorio o "esponja" de nutrientes, al acumularse estos en los millones de poros de las bolitas de arlita. Los sistemas en cama de siembra o sustratos son muy empleados a nivel de acuaponía familiar, mientras que la raíz flotante y el NFT son más comunes en acuaponía comercial. Esto es así porque las camas de arlita cuando se saturan de sólidos y hay que limpiarlas, suponiendo un elevado gasto en mano de obra que no compensa económicamente en los sistemas comerciales. No obstante, la raíz flotante y el NFT también se usan a nivel familiar.

Existen otros diseños populares de sistemas acuapónicos familiares, como el "barrelponics" (figura nº 11), realizados con barriles de polietileno 200 a 320 litros. En primer plano de la foto está el barril donde están los peces, en los de en medio cortados por la mitad, las plantas sobre arlita; y los de arriba se utilizan como filtros y también para plantas.

Figura 11: instalación familiar acuapónica con barriles de polietileno, denominada "Barreponics". Desarrollada por Travis S. Hughey (ver bibliografía).



Todos los materiales que uses para construir tu instalación acuapónica tienen que estar hechos de elementos no tóxicos, ya que de lo contrario sustancias nocivas podrían pasar al agua y dañar a tus peces y plantas. Por ejemplo, las tuberías y conducciones que utilizarás serán normalmente de PVC y lo hay tanto de uso alimentario como no. Igualmente, un tipo de depósitos más baratos usados tanto en acuaponía como en acuicultura están hechos de resina

de poliéster con un recubrimiento especial también autorizado para uso alimentario. Muchos deestos depósitos son los que se usan para almacenamiento de agua potable. También los IBCs, que son de polietileno, los hay de uso alimentario o no.

Las piezas para perforar los depósitos y conectar las tuberías, que son los llamados "racores" o "pasamuros", que sean de PVC, polietileno u otro tipo de material plástico autorizado para uso alimentario, no de metales que liberan restos al agua y pueden dañar a los peces. Como los pasamuros de PVC llevan juntas de goma y arandelas de metal para que al apretar con las llaves de fontanero no se escape el agua, es importante que pongas por la parte que va a estar en contacto con el agua, sólo la junta de goma, mientras que por la parte de fuera del pasamuros, que no toca el agua, entonces aquí sí puedes poner la otra junta de goma con una arandela de metal.

En el caso del pegamento para los tubos de PVC, ocurre por ejemplo que el pegamento fresco tiene solventes tóxicos, pero una vez secado y cristalizado ("curado") durante al menos 48 horas, ya el agua puede tocar las zonas con pegamento porque ya no hay sustancias tóxicas. Todos estos detalles los suelen conocer muy bien los fontaneros de toda la vida, que reparan tuberías y depósitos por donde pasa agua potable para consumo humano, o puedes consultar a tus proveedores o en la tienda donde compres los materiales. Ya hay una gran parte de productos que por ley van disponiendo de "fichas técnicas" donde se incluye la información toxicológica.

Decide el tipo de instalación que quieres y dibuja un planito de la misma, haciendo una lista con los detalles de todos los materiales que necesitarás para el montaje. Mejor "perder" un poco de tiempo en esta planificación, que después hacer muchos viajes entre ferreterías, fontanerías y polígonos industriales buscando piezas o materiales que habías olvidado. También es muy útil que dediques tiempo a buscar y localizar por internet o en tu ciudad o pueblo, a los proveedores de los materiales que vas a necesitar.

3.4. Permisos de la Administración Pública.

Cuando se crían o engordan animales (en nuestro caso peces), ya sea para autoconsumo o para comercializar, se necesitan cumplir una serie de normativas legales que establece la administración pública, referentes al bienestar animal y a las condiciones higiénico-sanitarias en las que crecen los animales, así como las del producto final para consumir. Si vais a empezar por una instalación acuapónica pequeña, normalmente no es necesario pedir permisos a la administración. Es como si tuvieras un acuario grande en tu casa. Empieza primero en pequeño, y si te gusta, te va bien y te atreves con una instalación acuapónica de mayor tamaño, aunque sea para autoconsumo familiar, te recomendamos que pongas en marcha el "papeleo" necesario para regularizarla (será incluida en un registro ganadero).

Este papeleo empieza por pedir permiso en tu municipio para legalizar la obra que quieras hacer y para que te den la calificación medioambiental. Por ejemplo, si vas a hacer un pequeño invernadero o un cobertizo donde meter tu instalación, que llevará una toma de agua, un cuadro eléctrico y un desagüe, infórmate en tu municipio por si requieres o no permisos de obra y de instalación. En muchos casos no será necesario ante el tamaño tan pequeño de una instalación familiar con unos pocos peces, pero al menos no pierdes nada por informarte.

Una vez que tengáis los permisos municipales, si es que son o no necesarios según cada caso, el siguiente paso será solicitar el registro de explotación ganadera a vuestra comunidad autónoma, en la administración correspondiente que lleve temas de Agricultura. Y desde Agricultura también os asesorarán si necesitáis o no permisos de Medio Ambiente (esto os lo

explicamos más adelante en el apartado 3.5., según el tipo de pez que uséis en vuestra instalación acuapónica). Finalmente, si decidís que los peces que vais a tener en vuestra instalación son para autoconsumo familiar o para venta-comercialización, entonces necesitaréis también los permisos de la administración correspondiente en temas de Sanidad.

Esta es la "hoja de ruta" estándar que hay que seguir para regularizar vuestra instalación acuapónica, no es difícil, sólo hay que ir paso a paso. Y como ya os comentamos, primero empezar a pequeña escala, que lo más normal es que no requiera permisos, y si os va bien, os entusiasma y queréis ampliarla, entonces comenzar a pensar en los "papeleos" y permisos correspondientes.

3.5. Elegir la especie de pez:

Esta es una de las decisiones más importantes a tomar para poner en marcha una instalación acuapónica, **¿Qué tipo de pez elijo?**... Como ya os comentamos, la acuaponía moderna se empezó a desarrollar hace 25-30 años en zonas tropicales, donde las temperaturas son más estables todo el año, lo que posibilitó el uso de especies de peces de crecimiento rápido como la tilapia u otras especies tropicales de peces. La situación en la península ibérica es diferente, porque tenemos una amplia gama de oscilaciones de la temperatura, desde el entorno de los cero grados hasta el entorno de los 40ºC, con mayor o menor prolongación de estos extremos según las regiones. Algunas regiones como Canarias o zonas del litoral andaluz tienen mayor estabilidad térmica, así que a priori podrían ser zonas candidatas para la acuaponía con peces tropicales de crecimiento rápido como la tilapia.

Si elegimos una especie que viva bien en agua fría como la trucha, no necesitaríamos pensar en cómo calentar el agua, pero hacia la primavera-verano tendríamos que parar la instalación, porque las truchas no sobreviven por encima de los 20ºC de temperatura del agua y en verano no resulta rentable enfriar el agua, al menos utilizando la energía eléctrica de la red. Otra cosa es que tuviéramos agua de manantial o de pozo a temperatura constante todo el año y por debajo de 20ºC o próxima.

Si elegimos una especie de agua cálida como la tilapia (*Oerochromis nilotica*), tenemos que conseguir una temperatura media del agua de 25ºC todo el año, lo que supone calentar el agua durante las noches frías de al menos 4 a 6 meses al año (según la zona de la península). Esto lo podemos conseguir, o con calentadores sumergibles o externos (totalmente inviable económicamente), o con otros sistemas sostenibles que emplean energías alternativas que estamos ahora probando en Sevilla, como el uso de placas termosolares caseras para calentar el agua durante el día (con sol), combinado durante la noche con calentamiento del agua haciendo pasar una tubería procedente de la instalación acuapónica por dentro de una pila de compostaje, que alcanzan en su interior temperaturas máximas de 70-80ºC. Ambas instalaciones, la termosolar y la de compostaje, son sencillas, aunque evidentemente hacen más complejo el manejo de la instalación acuapónica.

Como en nuestro caso elegimos la tilapia como especie para nuestro circuito acuapónico, no tenemos más remedio que inventar soluciones baratas para mantener el agua a 25ºC o en torno a esta temperatura. No obstante tenemos un margen amplio de temperaturas óptimas para las tilapias entre 20 y 30ºC. Por debajo de 18-20ºC, la tilapia deja de comer o come mucho menos, muriendo alrededor de los 8-12ºC. Temperaturas mayores de 35ºC durante unas horas también son letales. En caso de que baje la temperatura de los 18-20ºC, o suba de 30-32ºC, no tenemos porqué alarmarnos, porque las bajadas o subidas no serán bruscas y las tilapias tienen una gran capacidad de adaptación.

Hay otras soluciones para mantener los 25ºC de manera sostenible, como los sistemas de aislamiento de invernaderos ("doble invernadero") o los intercambiadores de calor usando calderas de biopellets o de hueso de aceituna, etc., o incluso si tienes la suerte y los permisos para utilizar las aguas calientes de los efluentes de centrales térmicas… Si vas usar la tilapia, desde luego que estás obligado, sí o sí, a meter tu instalación dentro de un pequeño invernadero o cobertizo.

Y evidentemente en verano se invierte el manejo para evitar que la temperatura del agua se aproxime a los 35ºC. Tienes que quitar el plástico del techo de tu invernadero, colocar una malla de sombreo y levantar las cortinas laterales para ventilar el interior del invernadero y disipar el calor (al menos esto es lo que hacemos en Sevilla en verano).

Hay otra opción, que sería usar una especie de pez que creciera igual de rápido que la tilapia y que aguantara temperaturas frías y calidas del agua, sin necesidad de tener que crear microclimas con invernaderos o cobertizos para evitar oscilaciones grandes de la temperatura del agua. **¿Existe esta especie de pez en España?.** Pues sí, es la carpa (*Ciprinus carpio*), pero tiene dos inconvenientes: el primero es que apenas se consume ni aprecia su carne en gran parte de España (aunque esto también es cuestión de promocionar su consumo y sobre todo, de quién y cómo se cocina la carpa); y el segundo es que ha sido prohibida su cría, comercialización, transporte o simplemente tenencia genérica desde el 18 de marzo de 2016, por sentencia del tribunal supremo tras años de litigio. La carpa, tras siglos en la península ibérica, ha sido catalogada como especie exótica e invasora (así como la trucha arco iris). Lástima porque habría sido la especie ideal para la acuaponía en España. Los "koi" o carpas ornamentales japonesas, tan usadas en los estanques, también han sido prohibidas porque son también "*Ciprinus carpio*".

Otras opciones pasan por usar otros peces "primos" de las carpas, como el "carpín dorado", también llamado "gold fish", cometa rojo, etc… (*Carassius auratus*), que es un pez ornamental de rápido crecimiento y que soporta temperaturas bajas o altas del agua sin requerir el control ambiental y de temperatura del agua que os hemos explicado para la tilapia. Desconocemos si este pez se consume o no, aunque es una de las opciones más sencillas para la acuaponía en España y sobre todo la mejor opción para principiantes. También hay familias que hacen acuaponía y que no consumen los peces, teniéndolos sólo como la fuente natural de los nutrientes que consumen las plantas.

Hay otras especies de peces que podrían utilizarse para la acuaponía en España, según la comunidad autónoma donde estéis, y os animamos a que probéis a ver si encontramos entre todos nuevas alternativas. Nosotros empezamos con otro "primo" de la carpa, por un pez de la familia de los ciprínidos, que es la tenca (*Tinca tinca*), que se adapta muy bien como la tilapia para criarlo en las condiciones de los circuitos acuapónicos. Sólo tiene el inconveniente que crece muy lento, apenas alcanza 100-150 gramos en 2-3 años a 25-27ºC de temperatura del agua, frente a la carpa o la tilapia que pueden alcanzar los 500 gramos en 10-12 meses a la misma temperatura.

Por último, hay también especies marinas de peces que se adaptan a agua dulce y con las que se están haciendo pruebas de producción acuapónica con buenos resultados.

En cuanto a donde comprar o conseguir los peces, no podemos publicitar información de empresas o de proveedores concretos en esta guía, pero de cualquier modo los/as que estéis interesados/as podéis hacernos la consulta de manera privada al email de Verdes del Sur: huertosverdesdelsur@gmail.com y os pasamos los datos para que contactéis directamente con los proveedores de algunos peces que podáis estar interesados/as, como por ejemplo las tilapias (por ahora sólo las producen dos empresas en España, ambas en Andalucía, y sólo una

de ellas vende alevines para engordar; la otra ya vende los peces adultos directamente para consumo). Los "gold fish" o carpines dorados se consiguen en muchas tiendas de acuarios. O las tencas en un centro público en Badajoz.

La engorda de tilapia, tanto para acuicultura como acuaponía, requiere permisos de Medio Ambiente, ya que es una especie "exótica" (no es autóctona de España). No obstante, como la tilapia en acuicultura o acuaponía se produce en instalaciones de circuito cerrado de agua, prácticamente sin posibilidades de que los peces se escapen de la instalación y caigan en el cauce de un río o arroyo, pues no suele haber problemas a la hora de que os den la autorización. Si por el contrario tenéis las tilapias en lugares próximos a ríos donde puedan volcarse fácilmente los depósitos (por ejemplo con una riada) o se puedan escapar los peces a un río o arroyo, entonces será muy difícil que os autoricen su tenencia.

Cuando metas los peces por primera vez en tu instalación acuapónica, un intervalo adecuado de pesos puede ser alrededor de 25 a 50 gramos. Si no los puedes conseguir con este peso o son muy caros, normalmente lo que se hace es comprarlos más pequeños y engordarlos en un acuario o depósito con su biofiltro independiente hasta que alcanzan este peso. También puedes engordarlos directamente en tu instalación acuapónica desde tamaños más pequeños de los 25-50 gramos, pero entonces ten la precaución de poner mallas finas en los tubos de salida del agua del tanque donde tengas los peces, para que no sean aspirados cuando son pequeños.

3.6. Elegir las especie de plantas:

En acuaponía se han probado con éxito cerca de 150-200 especies de plantas, desde las típicas de la horticultura (tomates, pimientos, coles, lechugas, fresas, etc…), hasta flores, plantas arbustivas, aromáticas, etc…

Las plantas con tubérculos y bulbos como la patata, cebolla, etc., también se dan en acuaponía, aunque casi siempre en el sistema de sustrato, porque los tubérculos y bulbos pueden crecer y ensanchar mejor.

Normalmente se realizan los trasplantes en tu instalación acuapónica con las plantas ya germinadas y crecidas como plantones. Puedes comprarlos en viveros o planificar tú mismo/a tu siembra y germinación en semilleros. En arlita puedes sembrar los plantones directamente, mientras que en los sistemas de NFT o de raíz flotante, tienes que meter los plantones sobre unas cestillas con enrejado que les sirvan de soportes a las plantas. Si no las encuentras puedes usar vasos de plásticos a los que les haces unos agujeros por su base y parte de los lados para que las raíces salgan por ellos.

Puedes también introducir semillas (si son grandes) directamente sobre la arlita o sobre las cestillas o los vasos de plástico.

3.7. La "RATIO", densidad de peces y tamaño de los biofiltros de bacterias.

La cantidad de peces, plantas y bacterias que introduzcas en tu instalación acuapónica tienen que estar en una proporción óptima que se denomina **"RATIO".** Uno de los padres de la acuaponía moderna, James Rakocy, estableció unos valores para esta proporción o "ratio", de:

15 a 25 gramos de alimento para peces, pueden mantener 1 m² de cultivo de plantas empleando los sistemas de sustrato o los NFT.

Y 60-100 gramos de alimento para peces que mantienen 1 m² de cultivo de plantas si empleas el de raíz o cama flotante.

Se parte del alimento para peces en gramos (alimento seco comercial en pellets) porque a mayor cantidad de alimento para peces, mayor será la cantidad de desechos de los peces (heces, orina, amoniaco por branquias, restos de alimento, etc…); y a mayor cantidad de desechos, mayor transformación en sales minerales disueltas, que son el "abono" para alimentar a nuestras plantas que están creciendo con sus raíces metidas en el agua de la instalación acuapónica.

Estos valores son sólo referencias que pueden serte útiles para empezar, pero pueden variar hacia arriba o hacia abajo en función del tipo de agua que utilices para tu instalación, del tipo de comida para los peces, del tipo de pez y su edad/tamaño, o del tipo de plantas y su estado de crecimiento.

Son además valores útiles porque te permiten hacer unos cálculos simples para diseñar tu instalación acuapónica y saber la carga de peces y plantas que puedes meter desde el principio hasta el final. Por ejemplo: imagina que tienes el sistema acuapónico familiar de los australianos usando depósitos IBCs de 1.000 litros (figuras 3 y 6). En estos depósitos se puede empezar metiendo 10-12 peces pequeños de 25-50 gramos cada uno (tilapias por ejemplo), que en 1 año a 27ºC crecerían hasta engordar 500 gramos cada pez. Aquí es importante que entiendas el concepto de **"DENSIDAD" de tu cultivo de peces**, que indica el número de kilos totales de peces por cada metro cúbico (1.000 llitros) de tu instalación (también puede expresarse en gramos por litro). Según esto, cuando eches por ejemplo 10 peces de 50 gramos cada uno a tu depósito IBC de 1.000 litros, tendrás una densidad de: 10 peces x 50 gramos cada uno = 500 gramos totales de peso (biomasa total de peces), es decir, medio kilo de peces por cada m3 (metro cúbico) de agua.

Estos 500 gramos de peces, a la temperatura de 25-27ºC y con su edad (son juveniles de 50 gramos cada uno) pueden comer por ejemplo el 3% de su biomasa total al día. Luego estos 500 gramos de peces comiendo al 3% diario de alimento, serían unos 15 gramos de comida al día. Y estos 15 gramos de comida de peces me dan para poder mantener 1 m2 de cultivo de plantas en mi instalación acuapónica, si uso o el sistema de sustrato o el de NFT).

¿Y cuándo crezcan los 10 peces y los tenga ya casi listos para consumo?, ¿Cuántos metros cuadrados de plantas podré cultivar?... Pues al año estos 10 peces tendrán 500 gramos cada uno, luego una biomasa total de 5.000 gramos (5 kilos), que comiendo al 1% diario (los peces grandes toman porcentajes diarios de comida menores que los chicos), consumirán 50 gramos, que me da para mantener unos 3 m2 de cultivo de plantas. Luego en total, con 1 IBC de 1.000 litros con 10 tilapias, puedo producir 1 m2 de plantas al principio, y hasta 3 m2 cuando "coseche" ya a los peces con 500 gramos cada uno.

En los diseños de la FAO que tienes en las figuras 10a, 10b y 10c, cambian las ratios y aumentan la densidad de peces, llegando a alcanzar una densidad final de peces (en el momento de "cosecharlos") de 20 kilos por 1.000 litros. Comiendo al 1% diario, estos 20 kilos de peces (20.000 gramos) comerían 200 gramos de comida al día, que según las ratios anteriores, nos darían para producir 8 m2 de cultivo de plantas. Sin embargo en las ilustraciones sólo se alcanzan unos 3-4 m2 de cultivo. Pensamos que esto es así porque en las estimaciones de la FAO quizás los autores prefieren no quedarse justos y que haya más nutrientes disponibles para las plantas.

Ya hemos visto la relación entre la cantidad de peces (y lo que comen) con la cantidad de plantas, a través de la "ratio". Nos quedan ahora las bacterias, ¿En qué proporción deberían estar respecto a peces y plantas?. La respuesta práctica es "cuantas más mejor" y lo cierto es que las bacterias colonizarán no sólo los biofiltros, si es que tienes que intercalar alguno en tu instalación, sino todas las superficies bajo el agua, ya sean las conducciones y tuberías o las superficies interiores de todos los depósitos, incluso bajo las planchas de corcho blanco (si es que usas el sistema de raíz o cama flotante).

De todos modos, para que tengas otro dato de referencia, como mínimo deberías de tener un 10% del volumen total de agua de tu instalación, en cantidad de sustratos donde proliferen las bacterias. Por ejemplo, en el sistema con IBCs de la figura 3 que usamos en la asociación Verdes del Sur, el volumen de agua total es de 1.000 litros en cada IBC y en las bandejas hay 250 litros de arlita (por lo tanto superamos los 100 litros mínimo que deberíamos de tener).

Si te fijas ahora en las figuras 8b y 8c, verás que no hay lugar suficiente, falta superficie, para que proliferen las bacterias. En la 8b en raíz flotante, proliferan sobre todo bajo la placa de corcho flotante, pero tendrías que meter muchos corchos para tener suficiente superficie para las bacterias. Y en la 8c del sistema NFT, en el interior de los tubos de PVC falta superficie. Por esta razón que ya te comentamos, normalmente los sistemas en cama flotante y NFT requieren meter biofiltros en la instalación, cosa que no ocurre en el sistema de sustrato (figura 8a) porque en las bandejas de arlita hay mucha superficie por unidad de volumen para albergar bacterias (y además la arlita es porosa, con lo cuál aumenta más la superficie).

Si quieres saber más de la "ratio", puedes leer algunos artículos excelentes de Wilson Lennard (http://www.aquaponic.com.au/fact%20sheets.htm), donde incluso proporciona una hoja de cálculo para dimensionar instalaciones acuapónicas para aficionados y tamaños de biofiltros (http://www.aquaponic.com.au/calculators.htm).

Por último, volvemos a recomendarte que a no ser que ya tengas cierta experiencia criando o manteniendo peces, **que empieces SIEMPRE por densidades bajas**, es decir, pocos gramos de peces por cada m3 (1.000 litros), como si tuvieras un acuario, donde normalmente hay densidades bajas de peces.

A partir de densidades de 1 a 1,5 Kilos de peces por m3 empiezan a acumularse los sólidos (restos de heces, de alimento, etc…) en tu instalación y es muy importante eliminar parte de los mismos. Esto se hace con sedimentadores (también llamados clarificadores, separadores de sólidos, etc.) y un ejemplo de un sedimentador muy sencillo y barato lo tienes en el documento de la FAO del que ya te hemos hablado. Si sigues aumentando la densidad de peces y las temperaturas aumentan, tendrás que meter también pequeños compresores para meter aire adicional en el depósito donde tengas los peces. Todo esto es sencillo y como todo necesita práctica y familiarizarte con los nuevos dispositivos que metas en tu instalación, así que **mejor empezar por densidades bajas de peces** y cuando controles el manejo, ve aumentando poco a poco la densidad y el manejo de nuevos dispositivos en tu instalación.



4. PUESTA en MARCHA y FUNCIONAMIENTO.

4.1. Primero de todo… ¡ Las BACTERIAS tienen que hacerse con tu instalación !.

Una vez que tengas tu instalación montada y hayas comprobado que no hay fugas importantes y con la bomba sumergible recirculando el agua, tienes que tenerla así **funcionando durante 4-6 semanas, SIN PECES NI PLANTAS**, para que proliferen las bacterias y microorganismos, colonizando toda tu instalación.

Este es el tiempo para que se cargue y active el biofiltro de tu instalación (si es que necesitas uno). Estas 4-6 semanas pueden reducirse considerablemente si añades directamente bacterias nitrificantes al agua, bien porque las compres, o bien porque ya tengas otros biofiltros con sus sustratos cargados de bacterias y traslades una cantidad de estos sustratos a tu nuevo biofiltro o a tus nuevas camas de sustratos con arlita u otro material.

4.2. Introduce los peces primero y las plantas después en tu instalación acuapónica.

Por ejemplo, si tenemos la instalación acuapónica con 1 IBC de 1.000 litros (figuras 3 y 6) y vamos a meter 10-12 peces de 50 gramos aproximadamente, empieza metiendo 3-4 peces siguiendo el procedimiento básico para aclimatarlos, ya que vendrán en un recipiente con agua en unas determinadas condiciones químicas del agua y temperatura, que pueden ser diferentes a las condiciones y temperatura del agua en tu IBC acuapónico.

Esta aclimatación es muy sencilla y la conocen muy bien los aficionados/as a los acuarios. Mete la bolsa o recipiente con agua donde vengan tus peces dentro del agua de tu IBC, pero sin que se mezcle el agua del IBC con el agua de la bolsa. Deja así la bolsa durante 30-45 minutos hasta que se igualen las temperaturas del agua del IBC y del interior de la bolsa. Entonces, mete un poco de agua del IBC en el interior de la bolsa, espera 15 minutos, y repites así esta operación hasta 3 veces. Finalmente libera tus peces dentro del IBC.

Alimenta estos 3-4 peces ya en el IBC durante los dos primeros días y entonces mete el resto de 7-8 peces hasta completar los 10-12 que crecerán en tu IBC acuapónico (sigue el mismo procedimiento de aclimatación).

4.3. . Alimenta a tus peces.

La mayoría de los peces son animales cuyos cuerpos mantienen aproximadamente la misma temperatura del agua donde viven. Para cada especie de peces hay un intervalo óptimo de temperatura en el que crecen, se alimentan y reproducen en las mejores condiciones. Por ejemplo, las tilapias tienen estos óptimos entre 27-28ºC, o las truchas sobre 13-15ºC. A mayor temperatura los peces están más activos y comen más, pero sólo hasta límites por encima de los cuales cada pez deja de comer. Por ejemplo, una tilapia comerá más alimento diario a 28ºC que a 23ºC, sin embargo por encima de 33ºC empiezan a dejar de comer. Esto también ocurre a una temperatura límite inferior en que también dejan de comer, por ejemplo las tilapias bajan mucho su consumo de alimento, o dejan de comer, por debajo de 18ºC.

Por esta razón existen tablas de alimentación para muchos tipos de peces y cada una viene a una temperatura concreta. En función de cada temperatura, cada tipo de pez como diferente cantidad comida diaria (diferentes RACIONES).

También en las tablas te indican las raciones diarias según la edad del pez. Por ejemplo, un pez de 20 gramos come más comida diaria (en relación a su peso) que el mismo pez con 200

gramos. Y además a los peces aún pequeños hay que repartirles las raciones diarias en varias tomas, porque como aún tienen poco desarrollado su intestino, si les damos la ración diaria de golpe, intentarán comer todo lo que puedan, con consecuencias muy negativas de "empachos", mala digestión, desperdicios de comida en el agua y hasta muertes repentinas. En la figura nº 12 te ponemos un ejemplo de tabla de alimentación para tilapias.

Figura nº 12. Ejemplo de tabla de alimentación para tilapias a 27 grados de temperatura del agua.

Peso aproximado de las tilapias (en gramos)	**Ración diaria de comida para las tilapias** (en porcentaje del peso total que sumen todas las tilapias que tengas).	**Número de veces en que se reparte la ración diaria de comida.**
0,1 a 1 gramo	10 %	
1 a 10 gramos	6 %	6
10 a 30	5 %	6
30 a 50	4 %	6
50 a 70	3 %	5
70 a 100	2,7	5
100 a 150	2,5	4
150 a 200	2,2	4
200 a 300	2,0	3
300 a 400	1,9	3
400 a 500	1,7	3
500 a 600	1,5	2

Por ejemplo, si tengo 10 tilapias de 50 gramos cada una, tendré un peso total (biomasa total) de 500 gramos de tilapias, que según la tabla hay que darles el 3% diario de alimento, que serían 15 gramos de comida diaria, repartida a su vez en (más o menos) 5 tomas al dia.

Estas tablas son para alimento seco y en gránulos ("pellets"), que es como normalmente viene el alimento comercial para peces. Cuando tienes pocos peces como en las instalaciones acuapónicas familiares, puedes fabricarte tú mismo/a parte o el total de la alimentación para tus peces, como hacen muchos aficionados a los acuarios fabricando sus propias papillas para peces con ingredientes que se pueden comprar en cualquier tienda de tu barrio. Estas papillas son húmedas y tienes que tener precaución al manipularlas y congelarlas rápidamente, o darlas directamente recién hechas para que no se contaminen. También pueden secarse con secadoras solares. Para hacer tú mismo/a tanto papillas húmedas como alimento seco, necesitas informarte y leer previamente sobre su elaboración y manipulación higiénica.

También hay otras alternativas, como complementar o sustituir parte de la dieta seca a base de "pellets" con alimentos frescos y vivos, como por ejemplo la lenteja de agua, lombrices o la mosca soldado (BSF: "black soldier fly"), que es una auténtica "píldora" de proteínas y grasas y se cría con facilidad con verduras y frutas ya maduradas en exceso y que se desechan en las fruterías (tenemos noticias de que esta mosca ya se ha criado con éxito en Córdoba, Granada y Málaga).



Hay muchas alternativas y como ya te comentamos, tienes que informarte bien antes y valorar también el tiempo que tienes que invertir en preparar tú mismo/a la comida para tus peces.

4.4. Alimentación de tus plantas.

Recuerda que tus plantas se alimentan de las sales minerales que contiene tu "sopa" acuapónica de nutrientes, que a su vez proceden de las bacterias transformando los desechos que liberan tus peces en el agua y los restos de comida. A mayor peso (biomasa total) de todos tus peces, más desechos liberan al agua y más sales minerales alimentarán a tus plantas, y por lo tanto podrás ir ampliando la superficie de cultivo de tus plantas conforme crezcan tus peces.

Sin embargo, ninguna "sopa de nutrientes" es perfecta, ni si quiera la acuapónica y siempre unos nutrientes estarán en mayor cantidad, o más disponibles que otros, o también según el tipo de plantas crecerán mejor o peor según haya en el agua más de un tipo de nutrientes o de otro. De los 16 nutrientes que necesitan las plantas para vivir y crecer bien (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, calcio, etc… hasta 16), las "sopas" acuapónicas normalmente los contienen todos, pero tienen poca cantidad de hierro y potasio (y en algunos casos también de fósforo y de calcio).

Usando aguas "duras" (como las que tenemos en gran parte de Sevilla), es decir, con contenido alto de sales de calcio y magnesio, es difícil que se presenten deficiencias en las plantas acuapónicas en estos dos nutrientes. De hecho en 4 años que llevamos haciendo acuaponía en Sevilla partiendo de aguas duras, sólo hemos visto deficiencias de hierro y potasio. Otra cosa es que uses agua de lluvia, teóricamente sin sales, entonces sí pueden aparecer otras deficiencias.

Para corregir las deficiencias de las plantas hay diferentes compuestos químicos que tendrás que añadir al agua de tu instalación acuapónica, algunos permitidos por la normativa europea de la agricultura ecológica, como los compuestos de hierro quelado, para corregir las deficiencias de hierro. El potasio puedes añadirlo en forma de sulfato de potasio, o de manera alternativa de origen mineral, cosa también permitida por la normativa ecológica. No es obligatorio en acuaponía añadir al agua sólo las sustancias permitidas por la normativa europea de agricultura ecológica (además entre otras cosas, no existe aún normativa ni para producción acuapónica, ni para producción acuapónica ecológica), no obstante desde la asociación VERDES del SUR y ya que cultivamos en suelo de modo ecológico, queremos también que la acuaponía que estamos desarrollando sea también lo más natural y sostenible posible.

Y RECUERDA, que cualquier cosa que añadas al agua no debe dañar a ninguno de los 3 seres vivos que conviven en tu instalación: peces, plantas y bacterias, a NINGUNO, porque en cuanto dañas a uno de ellos los otros dos se ven perjudicados y tu "invento acuapónico" deja de funcionar. Los 3 son interdependientes para que todo marche bien.

4.5. El pH del agua de tu instalación acuapónica:

Una instalación acuapónica que esté funcionando bien, tiene que tener un pH[3] en torno a 6,5-7, no mucho más allá de 7,2. Por lo tanto es importante que midas con cierta frecuencia el pH

[3] El pH mide el grado de acidez o basicidad del agua en una escala entre 0 y 14. Las aguas ácidas tienen ph por debajo de 7 y las que no son ácidas (aguas básicas) tienen pH por encima de 7. Un agua alrededor de 7 se dice que tiene pH neutro. Los test de pH son muy sencillos de usar y se venden muy baratos en muchas tiendas relacionadas con el mantenimiento de piscinas o de acuarios.

del agua, al menos 1 vez por semana, porque te dará una idea muy certera de cómo está funcionando tu sistema acuapónico. A estos valores de 6,5-7, los peces, plantas y bacterias viven a gusto y hacen bien su trabajo manteniendo además productivo el sistema. A pH por encima de 7,2-7,5, las plantas no pueden absorber bien del agua algunos nutrientes (como el hierro), y a pH por debajo de 6-6,5 la actividad de las bacterias se hace más lenta y se puede frenar la nitrificación acumulándose peligrosamente los nitritos y el amoniaco.

Podéis estar tranquilos/as que los cambios de pH no son de un día para otro y los cambios de 1 solo punto en la escala de 0 a 14 son muy grandes. Por ejemplo, un pH de 6 es 10 veces más ácido que uno de 7 y 100 veces más ácido que uno de 8. Aún así es importante que conozcáis su valor al menos semanalmente.

Desde el momento que introduzcas los peces y las plantas y comiences a añadir el alimento a los peces, la acción de las bacterias y la respiración de los peces va a hacer que el pH del agua comience a bajar. Por ponerte otro ejemplo, si la primera carga de agua de tu instalación acuapónica es un agua "dura" como la que tenemos en Sevilla, que tiene un pH en torno a 8,4-8,5, el objetivo será ir bajando este pH hasta por lo menos 7,2 y son las bacterias quienes se encargan de este trabajo, pudiendo tardar desde unas semanas hasta unos meses.

La velocidad de esta bajada va a depender del número de peces que tengas y de su peso total (biomasa total). A mayor biomasa de tus peces, más comerán, por lo tanto más desechos al agua y más "ataque" bacteriano a estos desechos, cuyo resultado será una bajada más rápida del pH. Sin embargo, como de vez en cuando tienes que reponer agua a tu circuito acuapónico por las pérdidas por evaporación y evapotranspiración de las plantas, si añades aguas "duras" estas contienen también carbonatos que van a frenar la caída del pH, incluso según la cantidad de agua que añadas, pueden hasta subirlo. ¿Qué soluciones tenemos entonces?

1ª. Si las pérdidas por evaporación y evapotranspiración no son elevadas, quizás el agua "dura" que añadas suponga un volumen tan pequeño que apenas aporte carbonatos para frenar la caída del pH.

2ª. Si tienes un equipo casero para hacer agua osmotizada, podrías añadir este tipo de agua que en teoría no contiene carbonatos y por lo tanto el pH del agua de tu instalación acuapónica seguirá bajando.

3ª. La misma solución que el agua osmotizada consigues si los aportes de agua a tu circuito acuapónico los haces con agua de lluvia.

4ª. Finalmente, si no tienes ni agua osmotizada ni de lluvia, la opción es bajar el pH del agua "dura" que utilices, añadiéndole ácido clorhídrico, que se consigue en cualquier droguería con el nombre popular en España de "Agua fuerte", "Salfumant" o similares… Mira bien la etiqueta para asegurarte que el agua fuerte que compres lleve sólo ÁCIDO CLORHÍDRICO, por su puesto que no lleve perfumes ni otros aditivos. Normalmente el agua fuerte que venden en las tiendas es una solución de clorhídrico al 20% (y ten cuidado no te caiga en la piel ni lo respires, es muy irritante).

Lo que tienes que hacer es añadir agua fuerte al agua que utilices para reponer las pérdidas por evaporación. Esta agua para reponer las pérdidas la tendrás almacenada en un depósito aparte de tu circuito acuapónico. **AÑADE SIEMPRE el AGUA FUERTE al AGUA, y NO AL REVÉS**… Y **después de añadir, tienes que mezclar bien y esperar una media hora**. Lo que tienes que conseguir es que el agua que tienes almacenada en este depósito, tenga un pH similar al pH del agua de tu circuito acuapónico. Tendrás que hacer pruebas aparte en un cubo o en un recipiente de unos cuantos litros para saber la cantidad de clorhídrico que tendrás que echar.

Finalmente y tras varios meses de trabajo de las bacterias, el pH del agua de tu instalación seguirá bajando, incluso hasta cerca de 6. Cuando esto ocurra tendrás que hacer lo contrario, que es subirlo hasta 6,5-7. Esto se puede conseguir de varias maneras:

- Añadiendo agua "dura" al agua de tu circuito acuapónico, lo que aportará carbonatos.

- Usando otros métodos naturales, por ejemplo, metiendo arena calcárea o conchas partidas dentro de una malla fina y sumergirla en algún punto de corriente de tu circuito acuapónico, lo que hará también que los carbonatos de estas arenas o conchas se vayan disolviendo poco a poco en el agua.

- O bien añadir potasa caústica (hidróxido potásico: KOH) o hidróxido cálcico o (Ca(OH)2). Si añades potasa o hidróxido cálcico, tendrás que volver a hacer pruebas para ver el volumen o cantidad de estos compuestos que tienes que añadir al agua para subirle el pH. Cuando tengas calculado este volumen, lo que se hace es sacar un poco de agua de tu instalación acuapónica en un cubo, garrafa o similar, y añades la potasa o el Ca(OH)2, mezclas bien y entonces la vas añadiendo poco a poco al agua acuapónica y mejor en un lugar que no sea el depósito con los peces. Hay personas que se fabrican una botella con un grifito regulable como gotero, para que se vaya añadiéndose poco a poco, gota a gota.

Ten en cuenta que tanto el agua fuerte (clorhídrico) como la potasa caústica o el Ca(OH)2 son muy irritantes, así que tienes que tener las precauciones mínimas para manejarlos, que son: usar guantes, mascarilla y **añadir estos compuestos químicos al agua, y NUNCA al REVÉS**. Tampoco te recomendamos que los añadas directamente al agua de tu instalación acuapónica, sino que los añadas y diluyas previamente en un cubo o recipiente aparte, y después el agua de este cubo la viertas poco a poco al agua de tu circuito acuapónico.

El pH lo puedes medir con test muy baratos que hay disponibles en almacenes y tiendas que trabajan con productos para piscinas o acuarios.

4.6. Medir y controlar la temperatura, el oxígeno y los NITRATOS.

También tendrás que medir con cierta frecuencia otros parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua. La temperatura, para asegurarte que tus peces están viviendo en su intervalo óptimo, o incluso para saber si baja demasiado (entonces los peces comerán menos y tendrás que echar menos comida), o si sube demasiado (también comerán menos tus peces e incluso bajará la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y quizás tengas que meter aire adicional al agua con un pequeño compresor de aire de acuario o con saltos de agua). Para las plantas y bacterias, temperaturas entre 18 y 30º C son adecuadas.

En cuanto al nivel de oxígeno, unos niveles adecuados son de 5-6 miligramos de oxígeno por litro de agua ó 5-6 ppm (partes por millón). Los niveles de oxígeno comienzan a disminuir si aumenta mucho la densidad de peces, los sólidos en el agua y la temperatura, así que tienes que estar atento/a a estos cambios y medir el oxígeno en el depósito donde tengas los peces al menos cada 15 días. El oxígeno no sólo es importante para los peces, sino para que las bacterias descompongan bien los desechos de los peces y para que las raíces de las plantas absorban sin problemas los nutrientes que contiene el agua.

Por último, tendrás que medir el nivel de nitratos en el agua, también cada 15 días. Los nitratos son uno de los principales nutrientes de las plantas y de los que están en mayor cantidad en la "sopa acuapónica", siendo un indicador del nivel de los otros nutrientes y te

dicen también si tu sistema acuapónico está funcionando bien. Un intervalo óptimo de nitratos puede estar entre 40 y 80-100 ppm. Por encima de 40 ppm se considera que ya hay suficiente nivel de nutrientes para las plantas. No deberías de mantener niveles de nitratos por encima de 100 ppm, para evitar que se acumulen en exceso en las hojas verdes de las plantas. Para bajar el nivel de nitratos se dan **cambios periódicos de agua**, que consiste en sacar un volumen de agua de tu instalación acuapónica y meter el mismo volumen de agua nueva.

El nivel de nitratos y de oxígeno se mide muy fácilmente también con test disponibles en tiendas de acuario.

<u>4.7. Otras operaciones rutinarias para tu instalación acuapónica:</u>

- Reponer el nivel de agua de tu instalación por las pérdidas de la evaporación y la evapotranspiración.

- Eliminar los restos de sólidos que se vayan depositando en el fondo de los depósitos o de los filtros. Si utilizas el sistema de sustratos, tendrás que limpiar las camas de arlita, de piedras volcánicas o de otros materiales, al menos 1 vez al año. Conforme aumente la densidad de peces (y por lo tanto de sus desechos) tendrás que aumentar la frecuencia de estas limpiezas.

- Limpiar biofiltros (si los tienes). La misma operación de eliminar los restos de sólidos, que también se van depositando dentro de los poros de la arlita, la grava volcánica o las biobolas, terminando por taponarlas y no dejando que entre el oxígeno para que trabajen bien las bacterias. Al menos 1 vez al mes en función de la densidad de peces.

- Y por su puesto limpia también la bomba sumergible al menos 1 vez al mes, porque los sólidos también van adhiriéndose al eje y a otras partes de la misma, bajando su capacidad para mover e impulsar el agua.

- Pesar los peces. 1 vez al mes deberías de pesar algunos de tus peces para ver cómo van creciendo. Por ejemplo, si tienes 12 peces en un IBC de 1.000 litros, puedes coger 2-3 peces y sumas su peso. Haces la cuenta de tres: si 3 peces pesan los gramos que sean, luego tus 12 peces pesarán "x". Una vez que sepas el nuevo peso de tus 12 peces (que suponemos que será mayor que el de hace 1 mes), reajusta las raciones de alimentación con tablas como las de la figura nº 12.

- Revisar los caudales. Es algo tan simple como comprobar que el agua está fluyendo bien entre los depósitos o partes de tu instalación acuapónica, para asegurarte que no hay atascos o hay alguna manguera pinzada, etc.

- **Cambios de agua**. Cuando los niveles de nitratos en el agua de tu instalación acuapónica superen los 100 miligramos por litro (100 ppm), tienes que dar cambios de agua, que recuerda que consiste en sacar un volumen de agua de tu instalación y meter el mismo volumen de agua nueva (sin nitratos). La cantidad de agua que tendrás que sacar dependerá de la cantidad de nitratos que tengas que bajar, cosa que se hace fácilmente con unas cuantas pruebas sacando volúmenes de agua conocidos hasta que los nitratos bajen de 100 ppm. Normalmente hay que cambiar entre el 1 y 3% del volumen total de tu instalación, diariamente o cada más días, según veas el nivel de nitratos. Por ejemplo, si tienes 1.000 litros totales de agua y cambio el 1%, tendrás que sacar 10 litros de agua de tu instalación y meter 10 litros de agua nueva.

5. Recomendaciones finales.

Pues aquí terminamos la primera versión de esta guía. Aunque veas muchos pasos, mantener un sistema acuapónico familiar no lleva más de 5-10 minutos al día (salvo cuando haya que hacer limpiezas de filtros o de los sustratos como la arlita). Todo es cuestión de interés y de práctica.

Para terminar, un resumen de las recomendaciones que ya has leído varias veces en esta guía:

- Si eres principiante en la producción acuapónica, empieza por una instalación pequeña y sencilla, no te compliques con instalaciones grandes.
- Empieza con una baja densidad de peces, similar a los acuarios, de MENOS de 0,5-1 kilo de peces por metro cúbico de agua.
- Si eres principiante en la acuaponía, elige un tipo de pez que sea resistente, que pueda soportar bajas y altas temperaturas del agua y que puedas fácilmente comprar, tanto los peces como su comida. Uno de los peces en España que cumple estas características y que se consigue fácilmente en España, es el carpín dorado, también llamado "cometa rojo" o "gold fish".
- Ten en cuenta los elementos de seguridad eléctrica y de seguridad para la manipulación de sustancias químicas de los que ya te hemos hablado.
- No sobrealimentes a tus peces, obsérvalos si comen bien y prácticamente no dejan restos de comida. Si lo hacen, reduce la ración.
- Controla los niveles de agua, pH, nitratos, temperatura y oxígeno.
- Controla que los sólidos en el agua no se acumulen en tu instalación

6. Resumen: GUÍA ACUAPÓNICA BREVE.

A continuación te contamos de una manera más resumida todos los pasos anteriores descritos en esta GUÍA, tanto para el diseño y montaje, como para la puesta en marcha de tu instalación acuapónica.

1. Para el diseño y montaje de la instalación:

1º. Elige el LUGAR para tu instalación, que tiene que tener: una **toma de agua**, otra de **corriente eléctrica**, un **desagüe** y **sol directo-luz natural** (punto 2.1. de la GUÍA):

- Infórmate de la calidad del agua que vas a utilizar.
- Las plantas en zonas de sol directo, mientras que peces y bacterias, en oscuridad o con sombra.
- Protege tu cuadro eléctrico de eventuales derivaciones o sobretensiones eléctricas.

2º. Protege tu instalación acuapónica (punto 2.2. de la GUÍA).

- Coloca tu instalación dentro de una zona techada, cobertizo o dentro un pequeño invernadero; o si es a la intemperie, ten pensado un plástico o alguna forma de techarla eventualmente cuando llueva o haga vientos fuertes.

3º. Elige el tipo de instalación acuapónica que quieres en función del tipo de sistema hidropónico que incorpore, pudiendo elegir entre el sistema de sustratos, de raíz flotante, o de película de nutrientes-NFT (punto 2.3. de la GUÍA):

- Tienes que pensar en un lugar para los peces… otro para las plantas… y otro para las bacterias, pudiendo estar separados los tres, juntos o pareados.
- Empieza por una instalación pequeña y sencilla, no te compliques con instalaciones grandes si eres un/a principiante de la acuaponía.

4º. Planifica tu instalación.

- Dibuja un planito de tu instalación y haz una lista con todos los materiales que necesitarás para el montaje.
- Dedica tiempo a buscar y localizar por internet o teléfono, o en tu ciudad o pueblo, a los proveedores de los materiales que vas a necesitar.

5º. La RATIO: piensa bien el número de peces que vas a meter en tu instalación, porque el número de peces con su peso total, determina la cantidad diaria de comida que necesitan, y la cantidad de comida determina la superficie de cultivo de plantas que podrás mantener (punto 2.7. de la GUÍA).

Si eres principiante, empieza por pocos peces, es decir por una baja densidad de peces, que quiere decir un número pequeño de gramos del total que pesen tus peces por cada 1.000 litros o metro cúbico de agua de tu instalación. Empieza como si tuvieras un “acuario grande”, con menos de 500 gramos de peces en total por cada metro cúbico de agua. Las ratios que estableció James Rakocy, uno de los “padres” de la acuaponía moderna, son:

> Entre 15 y 25 gramos de alimento para peces, pueden mantener 1 m² de cultivo de plantas empleando los sistemas de sustrato o los NFT.
>
> Y entre 60 y 100 gramos de alimento para peces mantienen 1 m² de cultivo de plantas si empleas el de raíz o cama flotante.

6º. Permisos de la Administración Pública (punto 2.4. de la GUÍA).
Para una instalación acuapónica pequeña que no requiera hacer nueva obra ni instalación, no necesitarás permisos. Si decides ampliar tu instalación o hacer obras (como un invernadero) o poner una instalación eléctrica, tendrás que consutar a tu ayuntamiento y a tu comunidad autónoma para informarte si necesitas permisos.

7º. Elegir la especie de pez (punto 2.5. de la GUÍA).

- Si eres principiante en la acuaponía, elige un tipo de pez que sea resistente, que pueda soportar bajas y altas temperaturas del agua y que puedas comprar fácilmente, tanto los peces como su comida. Uno de los peces en España que cumple estas características y que se consigue fácilmente en tiendas de acuario, es el carpín dorado o "goldfish".
- Cuando tengas más experiencia puedes cambiar a peces de consumo y de agua templada-calida que crecen muy rápido, como la tilapia. En este caso tendrás que pensar bien en cómo mantener lo más estable la temperatura del agua dentro de un margen entre 18-20 y 30ºC, con medias deseables en torno a los 25ºC.

8º. Elegir las especie de plantas:

- Decide el tipo de plantas que quieres, si son para tu autoconsumo, o son ornamentales, o aromáticas, et… Y si quieres cultivar un solo tipo de plantas (monocultivo) o mezclas de ellas (policultivo).

2. Puesta en marcha y funcionamiento.

2.1. Lo primero, las bacterias (punto 3.1. de la GUÍA): una vez que tengas tu instalación montada, llena de agua y hayas comprobado que no hay fugas importantes y con la bomba sumergible recirculando el agua, tienes que tenerla así **funcionando durante 4-6 semanas, SIN PECES NI PLANTAS**, para que se multipliquen por trillones las bacterias y microorganismos y colonicen así toda tu instalación.

2.2. El tanque de reposición de agua: llena un depósito o tanque con agua, que esté independiente de tu instalación acuapónica. Será tu tanque de reposición de agua, para reponer las pérdidas de agua por la evaporación y evapotranspiración; y también para dar cambios de agua más adelante. Es conveniente que el agua de este tanque tenga una mínima recirculación con una bombita de agua sumergible.

2.3. Introduce los peces primero y las plantas después en tu instalación acuapónica.
- Mete en tu instalación 2-4 peces previa aclimatación (punto 3.2. de la GUÍA) y aliméntalos durante 2-3 días.
- Mete el resto de tus peces y sigue alimentándolos.
- Mide el nivel de nitratos a la semana. Si está próximo a 30-40 ppm (partes por millón o miligramos por litro), ya puedes meter las plantas. Si no, sigue alimentando tus peces hasta que se pongan algo más grandes y coman más. Cuando los nitratos lleguen a 30-40 ppm, mete las plantas.

2.4. Las RUTINAS.
Las rutinas son las TAREAS o el trabajo diario, semanal, mensual, etc., que tienes que dedicarle a tu instalación acuapónica para que funcione bien y produzca peces y plantas. Normalmente una instalación acuapónica familiar cuando ya te hayas familiarizado bien con su funcionamiento, no te llevará más de 5 ó 10 minutos al día. Sólo rutinas como la limpieza de los sustratos o el sifonado (aspiración) de los sólidos que se irán depositando en zonas de los depósitos, te llevarán algo de más tiempo cuando toque hacerlo.

2.4.1. RUTINAS DIARIAS:

2.4.1.1. **Anota las temperaturas mínimas y máximas del agua** cada 24 horas (punto 3.6. de la GUÍA). Si no tienes una termómetro de máxima/mínima, la temperatura mínima se da próxima al amanecer; y la máxima con el sol en su punto más alto.

A mayor temperatura tus peces comerán más, luego aumenta un poco la comida diaria que les echas. A menor temperatura, comerán menos. Si las temperaturas del agua bajan o suben mucho respecto a la temperatura óptima para el tipo de pez que tengas, entonces tus peces comerán menos y tendrás que bajar también la ración de comida diaria de tus peces.

2.4.1.2. **Observa tus peces y plantas diariamente**. A los peces es bueno observarlos en el momento de una de las tomas de la comida. Mira ver si están activos, sin heridas, etc… Mira si tus plantas están verdes y vigorosas o por el contrario débiles, amarilleando, espigadas, etc… Cosecha las plantas y o sus frutos que ya veas maduras,, o los peces si están para comer Saca fuera de tu instalación los peces y plantas que hayan muerto.

2.4.1.3. **Observa que el agua recircula bien por tu instalación**. Observa los caudales entre depósitos, que no haya atascos ni mangueras pinzadas (en caso de que utilices alguna).

2.4.1.4. **Alimenta tus peces** (punto 3.3. de la GUÍA) , repartiendo su ración diaria en varias veces al día. Hay comederos automáticos en tiendas de acuarios que pueden repartir la ración hasta en 4 veces. Entonces sólo tendrás que rellenar el comedero.

Utiliza las tablas de alimentación para ver la cantidad aproximada de comida diaria que comerán tus peces. Observa que no dejan restos de comida a los 5-10 minutos de echarles su toma de comida. Si quedan restos, reduce la ración.

2.4.2. RUTINAS SEMANALES:

2.4.2.1 **Reponer las pérdidas de agua** por evaporación y por la evapotranspiración de las plantas. Utiliza el agua que tengas almacenada en tu tanque de reposición de agua.

2.4.2.2. **Mide el pH del agua** de tu instalación acuapónica al menos 1 vez por semana (punto 3.5. de la GUÍA).

El ph en el agua de tu instalación acuapónica va a pasar por dos momentos y según estos dos momentos tendrás que hacer cosas diferentes para controlar el pH:

Primer momento: el pH bajará desde 7,5 o incluso más de 8, hasta cerca de 7.
Esto será al principio, cuando llenes por primera vez tu instalación acuapónica y la pongas en marcha. En este tiempo el pH del agua comenzará a bajar por el trabajo de las bacterias y por la respiración de tus peces, hasta colocarse en un valor óptimo alrededor de 7.

Si el agua que usas, tanto para llenar tu instalación acuapónica al principio como para reponer las pérdidas por evaporación, es agua con pH neutro (sobre 7), o al menos menor de 7,5 (puedes ser agua de lluvia, osmotizada, o de pozo o agrícola), entonces no tienes que corregir tu pH.

- Añade semanalmente agua para reponer las pérdidas y mide el pH, verás como poco a poco empieza a bajar hasta 7 o menos por la acción de las bacterias.

Pero si el agua que usas, tanto para llenar tu instalación acuapónica al principio como para reponer las pérdidas por evaporación, es agua "dura" con pH alto (mayor de 7,5 y con frecuencia mayor de 8), entonces tienes que corregir su pH:

- Añade "agua fuerte" (ácido clorhídrico al 20%) al agua de tu tanque de reposición, de modo que el pH del agua de este tanque y el de tu instalación acuapónica, tengan valores similares. Sigue así durante 2 a 4 meses y verás cómo bajará poco a poco el pH.

- Si tienes oportunidad de recoger agua de lluvia o hacer agua osmotizada para meterla en tu tanque de reposición de agua, entonces no tendrás que añadirle "agua fuerte".

Segundo momento: el pH bajará hasta 6,5 o menos.
Tras el primer momento, que puede durar desde varias semanas a varios meses, según el pH del que partías al principio y según la cantidad de peces que tengas y su peso total, el pH bajará hasta 6,5 o menos. Cuando llegue a estos valores, tendrás que hacer lo contrario, que es subirlo hasta 6,5-7. Esto se puede conseguir de varias maneras:

Si tienes agua "dura", entonces añádela directamente a tu instalación acuapónica y SIN añadirle "agua fuerte" (sólo se añade "agua fuerte" si queremos bajar el pH, nunca para subirlo).

Si no tienes agua "dura", tienes varias alternativas:

- Puedes meter mallas de arena calcárea o conchas partidas en zonas de corriente de tu circuito acuapónico.

- O añadir potasa caústica (hidróxido potásico: KOH) o hidróxido cálcico (Ca(OH)2).

Sigue midiendo como mínimo semanalmente el pH y cuando el pH vuelva a bajar, repite lo mismo para subirlo.

Cuando ya tengas los peces más grandes y por lo tanto les eches más comida, el pH bajará cada menos tiempo. Entonces tendrás que medir el pH cada 2-3 días y subirlo del mismo modo.

RECUERDA que tienes que ser MUY PRUDENTE al usar ácidos y potasa o hidróxido cálcilo… Ten en cuenta los elementos de seguridad eléctrica y de seguridad para la manipulación de sustancias químicas de los que ya te hemos hablado.

2.4.2.3. **Mide el nivel de nitratos y empieza con los CAMBIOS de AGUA** cuando superen los 80-100 ppm (punto 3.6. de la GUÍA).

Al principio de arrancar con tu instalación acuapónica, te contamos en el punto 2.3., que cuando el nivel de nitratos en el agua supere los 30-40 ppm, ya puedes meter las plantas en tu instalación.

Después y conforme vayan creciendo tus peces y la cantidad de comida que les eches, los nitratos irán subiendo poco a poco. Sigue midiéndolos cada semana y cuando superen los 80 a 100 ppm (partes por millón o miligramos de nitros por litro de agua), entonces tendrás que empezar a dar cambios de agua.

Dar cambios de agua consiste en sacar un volumen de agua de tu instalación y meter el mismo volumen de agua nueva (sin nitratos). La cantidad de agua que tendrás que sacar dependerá de la cantidad de nitratos que tengas que bajar. Empieza por el 1% diario. Por ejemplo, si tienes 1.000 litros de agua en total en tu instalación acuapónica, saca 10 litros al día y mete otros 10 litros de agua de tu tanque de reposición. Mide otra vez los nitratos a la hora y si ves que no baja de 100 ppm, entonces saca el 2%. Así hasta que veas que baja de 100 ppm. Una vez que ya tengas la cantidad que necesitas sacar, repites la operación cada día y según los días que veas para que los nitratos se mantengan por debajo de 100 ppm.

2.4.2.4. **Observa posibles deficiencias de nutrientes en tus plantas** (punto 3.5. de la GUÍA).

Tus plantas pueden presentar tienen deficiencias de algunos nutrientes, lo que tendrás que aprender observando cambios de color o de formas en las hojas. Las deficiencias más comunes que hemos observado en sistemas acuapónicos en Andalucía son de hierro y de potasio.

- Las deficiencias de hierro se pueden corregir echando hierro quelado al agua de tu instalación, normalmente cada 15 días.

- Las deficiencias de potasio se corrigen echando potasio al agua, en forma de sulfato de potasio o en forma mineral.

2.4.2.5. **Comprueba semanalmente que SIEMPRE tienes agua en tu tanque de reposición de agua**. Y en función de la cantidad de agua de este tanque que emplees para reponer las pérdidas por la evaporación, para dar cambios de agua o incluso para hacer lavados o ocasionales (de bombas, de filtros, etc.), tendrás que planificar cada cuanto tiempo tienes que llenarlo.

2.4.2.6**. Si tienes sedimentadores, elimina los sólidos cada semana** por el grifo o la zona de desagüe. Cuando ya tengas los peces más grandes y por lo tanto les eches más comida, la cantidad de sólidos aumentará y entonces tendrás que empezar a desaguar los sólidos del sedimentador cada menos días, incluso diariamente.

2.4.3. RUTINAS QUINCENALES o MENSUALES.

2.4.3.1. **Mide el oxígeno** en el agua (punto 3.6. de la GUÍA).

Mídelo en el tanque de los peces, con la bomba apagada unos minutos y sin coger burbujas. Si el oxígeno está por debajo de 5 ppm, entonces tendrás que meter aire en el tanque de peces con un pequeño compresor de aire, o utilizar otros medios para aumentar el nivel de oxígeno.

El oxígeno empezará a disminuir cuando tus peces se hagan más grandes y cuando la temperatura del agua aumenta, así que tienes que estar atento/a a estos momentos para medir el oxígeno de manera más frecuente.

2.4.3.2**. Limpiar la bomba**.

Cada 15 ó 30 días es conveniente parar la bomba y limpiarla bien de los restos de sólidos y partículas que se van pegando en todas sus partes. Aprende a desarmarla y utiliza escobillas para las partes de más difícil acceso o más delicadas como el eje y la cavidad del rotor.

Cuando tus peces se hagan más grandes y haya más cantidad de sólidos en el agua será conveniente que limpies la bomba con más frecuencia.

2.4.3.3. **SIFONAR** las zonas de tu instalación acuapónica donde se acumulen los sólidos.

Sifonar es aspirar los sólidos que contiene el agua y que observarás cómo se van a ir acumulando en determinadas zonas de tu instalación (en el fondo de algunas depósitos principalmente). Cuando veas que se acumulan en cantidad tienes que eliminarlos, ya sea mediante sifonado manual por gravedad, o mediante una pequeña bomba. Lógicamente cuanto más grandes se hagan tus peces, más comerán y por lo tanto mayor cantidad de sólidos se irán depositando en el fondo de tus depósitos, luego tendrás que sifonar cada vez con más frecuencia.

2.4.3.4. **PESAR los peces**.

Al menos 1 vez al mes deberías de pesar algunos de tus peces para ver cómo van creciendo. Por ejemplo, si tienes 12 peces en un IBC de 1.000 litros, puedes coger 2-3 peces, sumas el peso de estos 2-3 peces y haces la cuenta de tres: si 3 peces pesan los gramos que sean, luego tus 12 peces pesarán "x". Una vez que sepas el nuevo peso de tus 12 peces (que suponemos que será mayor que el de hace 1 mes), reajusta las raciones de alimentación con las tablas de racionamiento (figura 12 en la guía sin resumir).

2.4.4. RUTINAS SEMESTRALES o ANUALES.

2.4.4.1. Limpiar los sustratos, los tubos de NFT y las bandejas de raíz flotante.

Independientemente de que uses el sistema de sustratos, de NFT o de raíz o cama flotante, tienes que limpiar los elementos que emplea cada uno al menos 1 vez al año. En el caso del sistema de NFT tendrás que limpiar los tubos de PVC por dentro, o en el de raíz flotante, los fondos de las bandejas donde flotan los corchos. Especialmente importante es que limpies los sustratos que utilices en el sistema con este mismo nombre. Ya sea en sustratos de arlita, grava volcánica, biobolas u otro tipo, los sólidos más finos terminan depositándose en todos los sustratos, llegando a taponarlos e impidiendo que entre el oxígeno para que trabajen bien las bacterias. Conforme aumente el peso de los peces (y por lo tanto sus desechos) tendrás que aumentar la frecuencia de estas limpiezas.

Puedes aprovechar los cambios de ciclo de las plantas para hacer estas limpiezas. Por ejemplo, los momentos en que se quitan las plantas de huerta del ciclo de otoño-invierno (febrero-marzo) o las de primavera-verano (agosto-septiembre).

7. BIBIOGRAFÍA de apoyo

- **BackYards aquaponics. 2011.** URL: http://www.backyardaquaponics.com/Travis/IBCofAquaponics1.pdf

- **Hughey, T.W. 2005. "Barrel-ponics: a.k.a. Aquaponics in a Barrel" URL:** http://www.aces.edu/dept/fisheries/education/documents/barrel-ponics.pdf

- **Lennard W. 2012**. Aquaponic fact sheets: topics include Fish Tanks Shape & Size, Media Bed Sizing, Fish to Plant Ratios, Solids Filtration and Basic Water Chemistry. URL: http://www.aquaponic.com.au/fact%20sheets.htm

- **Lobillo, J.R., Fernández-Cabanás, V.M., Carmona Ch. E. y Candón L, F.J. 2014.** Manejo básico y resultados preliminares de crecimiento y supervivencia de tencas (Tinca tinca L.) y lechugas (Lactuca sativa L.) en un prototipo acuapónico. ITEA. Vol. 110 (2), 142-159. URL: http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2014/110-2/(142-159)%20V21028.pdf

- **Rakocy, J. E.; Masser M. P. and Losordo, T. M., 2006**. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture. Southerm Regional Aquaculture Center (SRAC). Publication nº 454. URL: http://www2.ca.uky.edu/wkrec/454fs.PDF

- **Range, P and Range B**. ¿Año? Simplified Aquaponics Manual. URL: http://backyardaquaponics.com/Travis/Simplified-Manual.pdf

- **Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014**. *Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. **FAO** Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp. URL: http://www.fao.org/3/a-i4021e/index.html